

Российская академия наук
Сибирское отделение
Институт вычислительных технологий

"УТВЕРЖДАЮ"
Директор ИВТ СО РАН

академик _____ Ю.И. Шокин

« ____ » _____ 2014 года

ОТЧЕТ

о результатах выполнения научно-исследовательских работ по теме

**«Расчет высот волн цунами для модельных очагов
цунамигенных землетрясений в защищаемых пунктах
побережья Приморского края»**

(договор № 55/14-2 от 18 июня 2014 г.)

Руководитель работ

г.н.с., д.ф.-м.н., профессор

Л.Б. Чубаров

Новосибирск, 2014г.

Исполнители:

н.с., к.ф.-м.н.

С.А. Бейзель,

в.н.с., д.ф.-м.н.

В.К. Гусяков.

Содержание

Содержание.....	3
1 Введение	4
2 Историческая сейсмичность и цунамигенные землетрясения Японского моря	5
2.1 Шакотан-оки цунами 1 августа 1940 г.....	9
2.2 Ниигатское цунами 16 июня 1964 г.	9
2.3 Амитское цунами 26 мая 1983 г.....	10
2.4 Окуширское цунами 12 июля 1993 г.....	10
2.5 Цунами Маньчжу 1026 г.	11
3 Выбор системы модельных очагов для акватории Японского моря	13
3.1 Источники с магнитудой $M_w = 7.2$	14
3.2 Источники с магнитудой $M_w = 7.5$	19
3.3 Источники с магнитудой $M_w = 7.8$	24
3.4 Источники с магнитудой $M_w = 8.1$	29
3.5 Источники с магнитудой $M_w = 8.4$	34
4 Методика расчета характеристик трансформации волн цунами от зоны источника к побережью	39
5 Постановка задачи на проведение расчетов	41
5.1 Виртуальные мареографы и их соответствие защищаемым пунктам побережья Приморского края и местам размещения автоматизированных постов измерений уровня моря	42
6 Результаты работ	48
6.1 Организация локального хранилища файлов.....	48
6.2 Файловый состав папки хранилища.....	48
7 Заключение.....	50
8 Литература.....	50

1 Введение

Согласно Техническому заданию, были установлены следующие цели НИОКР:

- внедрение в работу Центра цунами ФГБУ «Приморское УГМС» количественных методов оперативного прогнозирования ожидаемых высот волн цунами при принятии решений об угрозе цунами и отмене состояния угрозы цунами;
- дополнение базы данных предварительного математического моделирования характеристик цунами, созданной в 2006-2010 гг. в рамках проекта 6 «Разработка оперативной автоматизированной системы информационного взаимодействия между службой предупреждения о цунами и органами государственного управления федерального, регионального и местного уровней» Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года».

Созданная исполнителями научно-техническая продукция должна содержать:

- электронную таблицу параметров совокупности дополнительных (по отношению к созданной в 2006 – 2010 гг.) очагов модельных цунамигенных землетрясений, построенную в соответствии с современными представлениями о сеймотектонических особенностях акватории Японского моря за счет введения очагов с дополнительными значениями магнитуд и параметров модельных цунамигенных землетрясений;
- электронную таблицу расчетных значений максимальных и минимальных значений амплитуд колебаний уровня свободной поверхности, а также максимальных высот волн в защищаемых пунктах побережья Приморского края для созданной совокупности очагов модельных цунамигенных землетрясений;
- электронную таблицу расчетных мареограмм в защищаемых пунктах побережья Приморского края и в местах размещения автоматизированных постов измерений уровня моря для созданной совокупности очагов модельных цунамигенных землетрясений;
- электронную таблицу расчетных значений времен первого вступления волн, максимальных и минимальных значений амплитуд колебаний уровня свободной поверхности в защищаемых пунктах побережья Приморского края для созданной совокупности очагов модельных цунамигенных землетрясений;
- результаты расчетов распределений максимальных и минимальных значений уровней свободной поверхности акватории за время моделирования в виде таблиц (в графическом представлении – диаграмм свечения) для созданной совокупности очагов модельных цунамигенных землетрясений.

В ходе выполнения работ должны быть соблюдены следующие условия:

- для определения смещений дна в эпицентральной области модельных цунамигенных землетрясений применяются подходы, опирающиеся на знание

инструментально определяемых магнитуды землетрясения, положения эпицентра, глубины гипоцентра;

- эти смещения используются в качестве начальных данных (начальных значений уровней свободной поверхности) для расчета характеристик распространения модельных цунами (порожденных модельными цунамигенными землетрясениями из созданной совокупности) в акватории Японского моря;
- расчетные мареограммы в местах установки мареографов соответствуют результатам численного моделирования эволюций уровня моря, вызванных модельными волнами цунами;
- расчеты выполняются в соответствии с документом: «Метод расчета максимальных высот волн цунами в защищаемых пунктах побережья Дальнего Востока Российской Федерации» Л.Б. Чубаров, С.А. Бейзель; В.К. Гусяков, Косых В.С., Д.А. Камаев, В.М., Григорьева – Информационный сборник №40. Новые технологии, модели и методы гидрометеорологических прогнозов и результаты их оперативных испытаний/М., Обнинск:ИГ-СОЦИН, 2013. – 192 с.

За отчетный период исполнителями выполнены следующие работы:

1. создана совокупность очагов модельных цунамигенных землетрясений, адекватных современным сейсмотектоническим представлениям об акватории Японского моря; в эту совокупность входят группы модельных землетрясений с магнитудами $M_w = 7.2, 7.5, 7.8, 8.1, 8.4$; в каждую группу включены 225 модельных гипотетических событий;
2. сформирован перечень защищаемых пунктов побережья Приморского края и мест размещения автоматизированных постов измерений уровня моря, определены соответствующие им узлы расчетной сетки;
3. на основе массива GEBCO-2009 (с шагом 1 географическая минута) подготовлен цифровой рельеф (массив батиметрии) дна акватории Японского моря с шагом 30 географических секунд, при этом повышение разрешающей способности выполнено с помощью алгоритмов кусочной билинейной интерполяции; подготовленный массив адаптирован к особенностям численных алгоритмов, используемых при моделировании;
4. рассчитаны важнейшие параметры проявления каждого из включенных в созданную совокупность модельных цунами на российском побережье Японского моря.

2 Историческая сейсмичность и цунамигенные землетрясения Японского моря

Японское море является одним из четырех окраинных морей северо-западной части Тихого океана. По поводу тектонических механизмов и времени его образования до сих пор нет единой точки зрения. Считается (см., например, Берсенев и др., 1977), что впадина Японского моря сформировалась в мезозое и

кайнозой в результате перемещения на восток Японских островов, ранее составлявших единое целое с материком.

Общая картина региональной сейсмичности представлена (Рисунок 1) в виде карты инструментальных эпицентров Японского метеорологического агентства JMA (ЯМА) за период с 1923 по 2012 гг. Основная часть мелкофокусных землетрясений Японии возникает в широкой полосе, протягивающейся от оси глубоководной впадины до восточного побережья островной дуги, и связана с поддвигом океанической литосферы под перекрывающей ее выступ континентальной литосферы. Именно в этой полосе возникает большинство цунамигенных землетрясений Японской зоны, включая мега-землетрясение Тохоку 11.03.2011г. Механизмы таких цунамигенных землетрясений, как правило, представляют собой пологий надвиг, вспарывающий главную литосферную границу раздела между погружающейся океанической корой и перекрывающим ее островодужным выступом. Однако, согласно клавишной модели поддвига (Лобковский, Баранов, 1982), для некоторых из них вполне вероятны взбросо-сбросовые подвижки по крутопадающим плоскостям разломов, разбивающих клавиши островодужного выступа на отдельные блоки.

В целом уровень сейсмичности Японского моря гораздо ниже уровня сейсмичности субдукционной зоны, прилегающей к восточной части Японских островов. Так, например, за последние 50 лет (с 1964 года) в пределах его акватории произошло всего 4 мелкофокусных (с глубинами менее 60 км) землетрясения с магнитудой более 7.0, тогда как в восточной части зоны таких землетрясений было 36. Однако, из этих 4 землетрясений 3 вызвали разрушительные цунами с высотами более 5 м, сопровождавшиеся человеческими жертвами (Ниигатское 15.05.1964, Акитское 26.05.1983 и Окуширское 12.07.1993). За этот же период от 36 подводных землетрясений, происшедших вблизи восточного побережья, было зарегистрировано 22 цунами, однако разрушительным и фатальным среди них оказалось только одно – цунами Тохоку 11.03.2011. Это подтверждает отмеченный впервые С.Л.Соловьевым (Соловьев, 1989) факт того, что подводные землетрясения в окраинных морях имеют более высокий цунамигенный потенциал по сравнению с землетрясениями в океанических зонах субдукции.

Однако сравнительно с другими окраинными морями в этой части Тихого океана, например, Охотским, Беринговым, в которых крупные цунамигенные землетрясения в задуговой части зоны практически неизвестны, уровень сейсмической активности Японского моря является существенно более высоким (Fukao, Furumoto, 1975). Это может быть связано с наличием в восточной части Японского моря главной тектонической границы, маркирующей контакт между Евразийской плитой и Японской микроплитой. Эта граница протягивается от полуострова Ното на север вдоль западного побережья островов Хонсю и Хоккайдо (Рисунок 2), и к ней приурочены очаги всех сильнейших (с магнитудами более 7.5) землетрясений, зарегистрированных за инструментальный период. Механизмы этих очагов являются преимущественно взбросами по крутопадающим (угол падения порядка 70 – 80°) плоскостям разрыва (Fukao, Furumoto, 1975). На вертикальном разрезе сейсмичности эта граница четко

проявляется в виде полосы мелкофокусных эпицентров шириной до 80 км, опускающихся от поверхности до глубины 60 – 70 км (Рисунок 2).

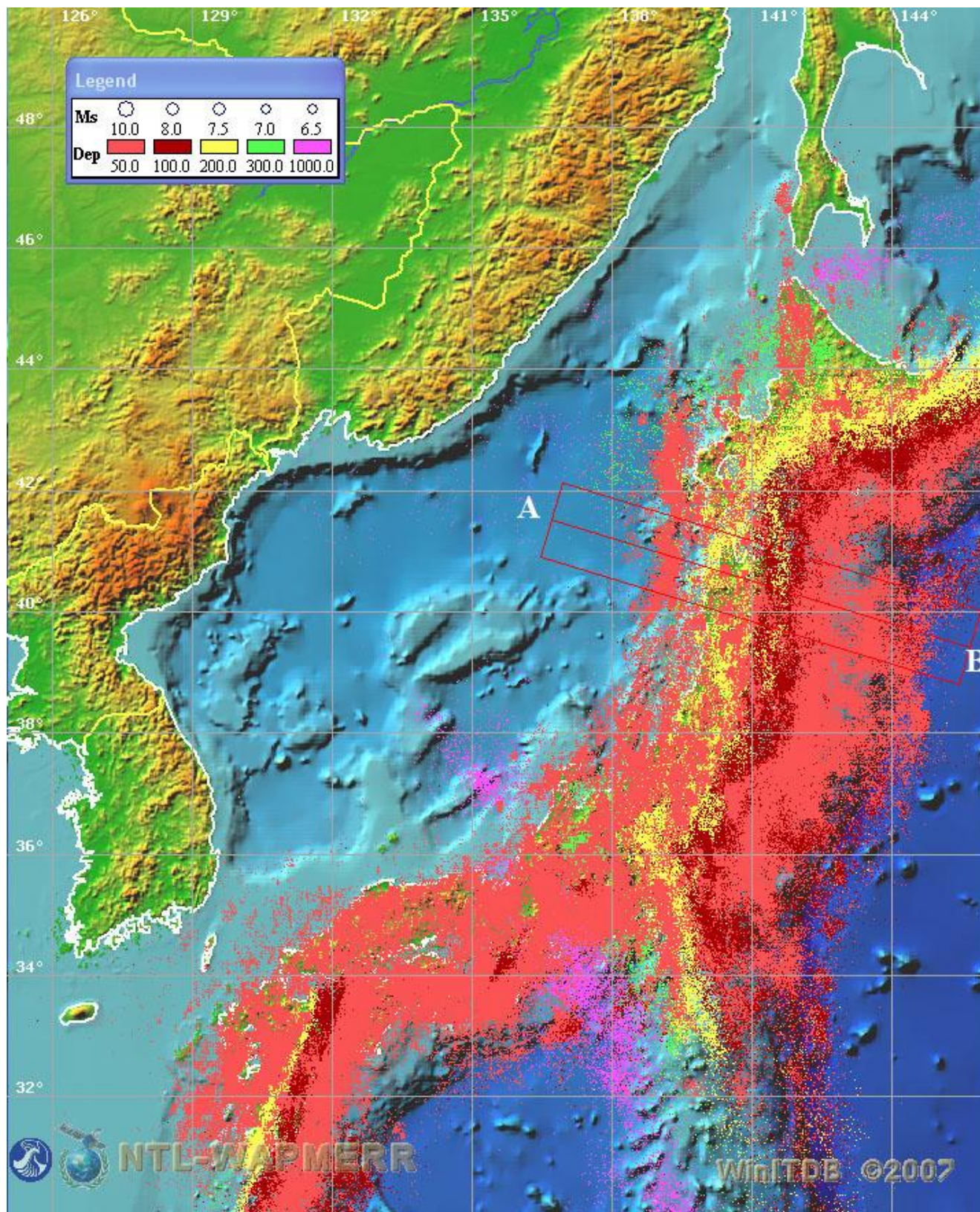


Рисунок 1. Карта эпицентров инструментально определенных землетрясений Японской зоны (около 2 100 000 событий). Цветом показана глубина очагов, согласно легенде на врезке. Прямоугольник вдоль линии АВ отмечает область выборки для построения вертикального разреза сейсмичности, показанного на Рисунке 3. Источник – каталог JMA за 1923-2012 гг.

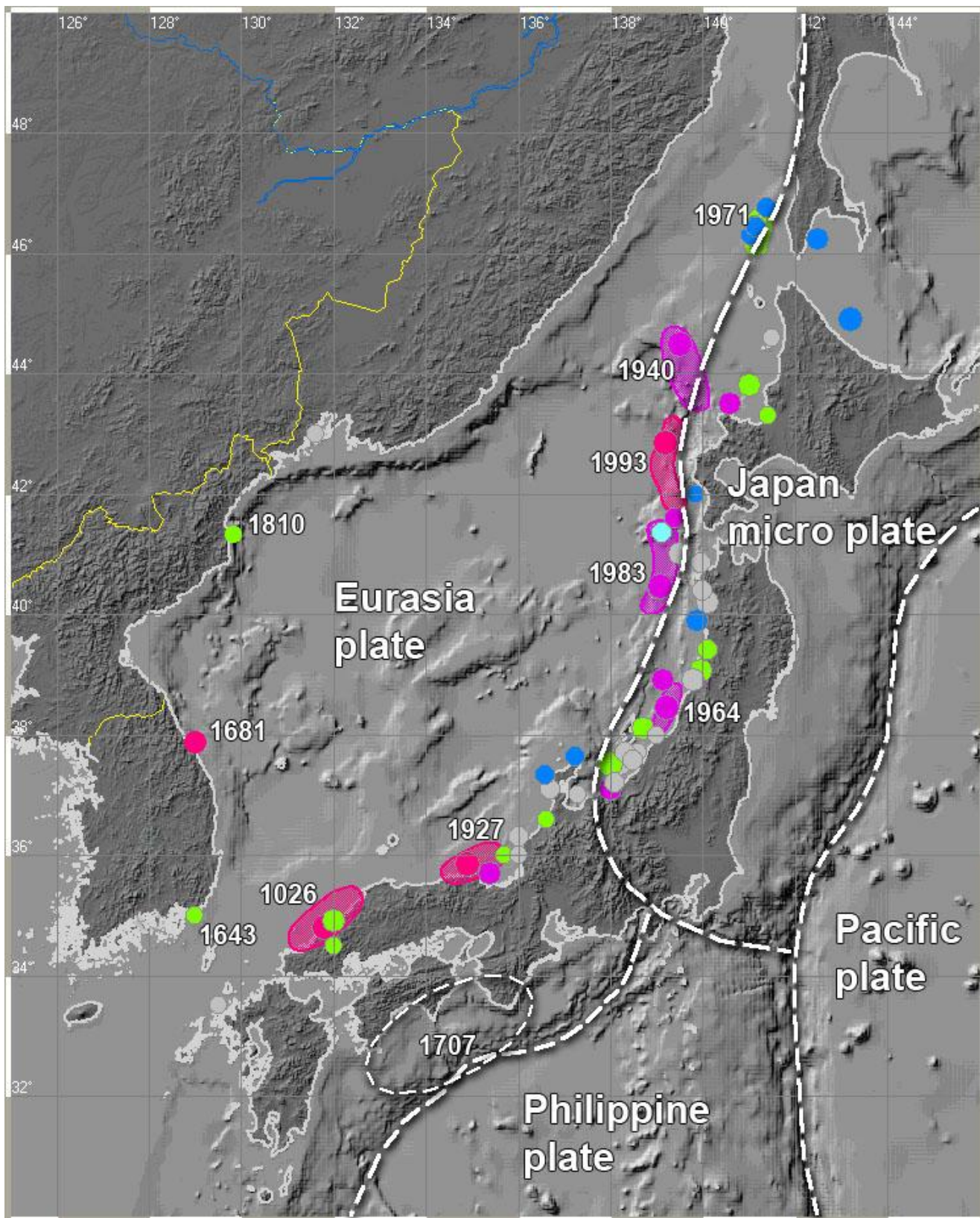


Рисунок 2. Карта цунамигенных землетрясений Японского моря (в районе 30°-50°N, 125°-146°E). Показано положение очагов 62 исторических цунамигенных событий, происшедших с 701 по 2013 гг. Размер кружков пропорционален величине магнитуды M_s , цвет представляет интенсивность цунами I (по шкале Соловьева-Имамура), серым цветом показаны цунамигенные события с неизвестной интенсивностью. Исторические события, упомянутые в тексте, помечены датами, для некоторых из них показано пространственное положение и размеры очагов. Белые пунктирные линии показывают положение основных тектонических границ в регионе.

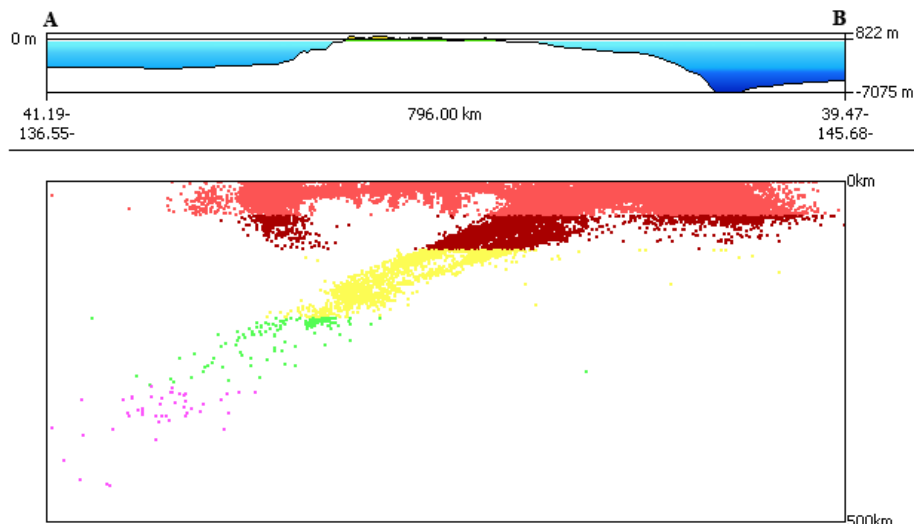


Рисунок 3. Вертикальный разрез сейсмичности Японской зоны вдоль линии АВ (см. Рисунок 1).

Карта очагов цунамигенных землетрясений в Японском море (Рисунок 2) показывает, что имеются документальные свидетельства о приблизительно 62 исторических цунами, возникших в акватории Японского моря за весь исторический период (Соловьев, Го, 1974; Iida, 1984; Watanabe, 1985). Однако надежные количественные данные, позволяющие оценить положение и размер землетрясений, существует только для инструментального периода (примерно с 1900 года). Основные цунами, происшедшие в этой области в течение последнего столетия, кратко характеризуются ниже.

2.1 Шакотан-оки цунами 1 августа 1940 г.

Землетрясение произошло вблизи северной границы котловины Японского моря, разлом в очаге, очевидно, проходил вдоль контактной межплитовой границы. Первоначально JMA оценило его магнитуду величиной 7.0, но в современных каталогах (см., например, (Storchack et al., 2013)) его магнитуда повышена до 7.5. Сейсмические сотрясения ощущались на большой территории, включая западное побережье Хоккайдо, южную часть Сахалина, восточное побережье Приморья (СССР) и северное побережье Кореи, но не вызвали крупного ущерба. Возникшее цунами было записано имеющимися тогда мареографами по всей периферии Японского моря. Одной из необычных особенностей этой цунами было то, что исходное движение на всех записях явно начиналось с подъема уровня (Hatori, 1969). Наибольший ущерб для портовых сооружений и рыбацких судов был произведен на западном побережье Хоккайдо, где трех- четырехметровые волны привели к гибели 10 человек в устье реки Тешио. На Корейском полуострове максимальная высота колебаний уровня достигла 2.2 м (Соловьев, Го, 1974). По российскому побережью данных о высотах нет, за исключением неясного указания на смытые в долинах рек в районе поселке Гроссевичи стога сена (Полякова, 2012).

2.2 Ниигатское цунами 16 июня 1964 г.

Землетрясение с магнитудой $M_w = 7.5$ произошло в 04:02 GMT (в 13:02 по местному времени) в районе небольшого скалистого островка Ава,

расположенного на восточном шельфе Японского моря примерно в 50 км от города Ниигата. Наибольшие разрушения и все человеческие жертвы были именно в этом городе, расположенном на неустойчивых водонасыщенных грунтах. В городе было разрушено 3534 дома, более 11 000 домов повреждено, однако число пострадавших при этом людей оказалось относительно небольшим (36 погибших или пропавших без вести и 385 раненых) (Iida, 1984; Соловьев, Го, 1974). Хрестоматийными стали кадры жилых многоэтажек в Ниигате, сохранивших целостность стен, но оторванных от фундамента и положенных практически на бок. Возникшее цунами было записано всеми мареографами в Японском море. Максимальные заплески на ближайших участках побережья (в районе Ниигаты) достигали 6 м. Эта относительно небольшая (для магнитуды 7.5) высота может быть связана с тем, что очаг землетрясения располагался достаточно близко к берегу, на шельфе с глубинами воды в 200 – 400 м. На российском побережье максимальная амплитуда цунами (около 0.15 м) была записана мареографом во Владивостоке (Соловьев, Милитеев, 1968). Стоит также отметить, что предыдущее сильное (макросейсмическая магнитуда около 7.5) цунамигенное землетрясение примерно в этом же районе произошло в 1833 году.

2.3 Амитское цунами 26 мая 1983 г.

Цунами возникло в результате сильного ($M_w = 7.7$) подводного землетрясения, происшедшего на участке межплитовой контактной границы, лежащем против полуострова Ога. Хотя землетрясение ощущалось на большом протяжении западного побережья о-ва Хонсю, значительных разрушений оно не вызвало, что, видимо, объясняется относительно большим расстоянием от очага до берега (порядка 70 км). Все жертвы этого землетрясения (100 человек в Японии и 3 человека в Корее) были вызваны цунами. Максимальная высота заплеска на ближайшем участке японского побережья достигла почти 15 метров (14.95 м). На побережье Приморья максимальные высоты подъема уровня воды, достигавшие 4.5 м, были зафиксированы в бухте Рудная Пристань (Полякова, 2012). Волны достигли восточного побережья Кореи, имея высоту в среднем 2 – 3 м. Цунами произвело крупные повреждения в порту Умвон, где высота волн достигала 3.8 – 4 м, многие рыбацкие лодки затонули или были выброшены на берег. Максимальный заплеск на корейском побережье (5 м) наблюдался в районе острова Уллеунг-до (Chu, Tsuji, 1993).

2.4 Окуширское цунами 12 июля 1993 г.

Это цунами было вызвано подводным землетрясением с магнитудой $M_w = 7.7$, очаг которого также находился на межплитовой контактной границе и примыкал практически вплотную к очагу землетрясения 26 мая 1983 года. Несмотря на своевременное предупреждение о цунами, выданное JMA, оно оказалось наиболее фатальным цунами в Японском море после 1960 года, когда на японских островах от волн цунами, вызванных чилийским мегаземлетрясением 22 мая 1960 года погибло 229 человек (The Chilean Tsunami, 1961) Общее количество погибших достигло 208 человек, причем все жертвы

были на острове Окушири. Максимальная высота заплеска (32 м) была измерена И.Цудзи в небольшой долине на западном побережье острова. Заплески высотой до 5 – 6 м наблюдались на значительной части юго-западного побережья Хоккайдо, где они вызвали ощутимый ущерб во многих береговых поселениях. Волны высотой до 2.0 – 2.5 м наблюдались на всем восточном побережье Кореи, что привело к одному смертельному случаю. Волны цунами проявились практически на всем протяжении побережья Приморья, где они произвели значительный материальный ущерб. Максимальная высота заплеска (около 4 м) была измерена в районе рыбозавода в бухте Валентин, где на берег были выброшены плашкоуты и МРС, смыт в море уголь, поврежден холодильник и желоб для рыбы (Полякова, 2012).

Исторические данные о почти двух десятках цунамигенных событий доинструментального периода, происшедших в восточной части Японского моря, первое из которых датируется 701 годом н.э., являются очень ограниченными. Положение их очагов (Рисунок 2) в отсутствие инструментальных данных определяется очень приблизительно и основывается почти исключительно на данных о разрушениях и жертвах, вызванных самими землетрясениями, и ущербе от воздействия порожденных ими волн цунами. Единственное, что можно с уверенностью утверждать, это то, что несмотря на отсутствие в этой части Японского моря межплитовой контактной границы к югу от полуострова Ното, сильные подводные землетрясения, порождающие цунами, здесь происходят регулярно. Именно на этом основании исполнители протягивают полосу модельных очагов подводных землетрясений вдоль всего восточного побережья Японского моря, от северной оконечности побережья о-ва Хоккайдо вплоть до Цусимского пролива.

2.5 Цунами Манджу 1026 г.

Особого рассмотрения требует землетрясение Манджу 1026 года, происшедшее в восточной части Цусимского пролива. Несмотря на то что это землетрясение присутствовало в основных исторических каталогах цунами в Японии (Iida, 1984; Watanabe, 1985), оно не привлекало особого внимания до середины 90-х годов, когда японские геологи М.Миноура и Т.Наката обнаружили, что при возникшем от него цунами была затоплена большая часть прибрежной равнины Масуда. Кроме того, они обнаружили глубокое (до 10 км) проникновение цунами на сушу вдоль долин рек Такатсу и Масуда. Толстый (до 0.30 м) цунамигенный слой, состоящий из темно-серого грязного песка, был найден во многих разрезах на равнине Масуда. Радиометрический возраст слоя оценивается в 930 ± 80 лет тому назад. Высокое содержание ила и грязи с включением морского песка и грубообломочного материала показывает, что песок был перемешан с большим количеством лиманных осадков в условиях турбулентного потока воды и затем транспортировался вверх по течению реки. М.Миноура и Т.Наката пришли к выводу, что эти отложения являются продуктом разрушительного цунами, которое, как они полагают, произошло в районе Цусимского пролива 16 июня 1026 года.

В этой части Японии с древних времен существовали предания о том, что огромное цунами, вызванное большим землетрясением, случившимся в этом районе около 1000 лет назад, нанесло большой урон и привело к большому числу человеческих жертв (Yatomi, 1963). Дальнейшие поиски в исторических хрониках обнаружили эпизод, происшедший в полночь 16 июня 1026 года, когда гигантское цунами, которому предшествовали сильные сотрясения, сопровождавшиеся подземным грохотом, обрушилось на побережье и вызвало разрушение множества домов и гибель многих людей (Iida, 1979). Исторические каталоги (Iida, 1984; Watanabe, 1985) упоминают о почти 3000 разрушенных домов и более чем о 1000 жертв. Хроники отмечают, что три небольших островка (Kamo-Shima, Kashiva-Shima и Nabe-Shima), расположенных вблизи устьев рек Масуда и Кози, исчезли после землетрясения 1026 года, что свидетельствует о косейсмическом опускании прибрежной полосы на величину по крайней мере нескольких метров. Каталог (Iida, 1984) сообщает, что 6 – 10 метровые волны затопили большую часть (протяженностью около более 50 км) береговой линии, расположенной между поселениями Куроматсу и Суса. Каталог (Watanabe, 1985) отмечает, что максимальное проникновение вглубь суши по долинам рек достигало 10 км.

Если это так, то цунами Манджу 1026 г. по своему энергетическому масштабу значительно превосходит все другие исторические цунами в Японском море. Макросейсмическая магнитуда землетрясения 1026 года в исторических каталогах оценивается как 7.5 (Iida, 1984), однако, принимая во внимание дефицит данных, точность такой оценки составляет порядка одного балла магнитудной шкалы, т.е. реальная магнитуда землетрясения 1026 года могла составлять 8.0 или даже 8.5. В энергетическом отношении для региона Японского моря землетрясение 1026 года можно рассматривать как своего рода мега-событие, подобное землетрясениям Джоган 869 года и Тохоку 2011 года на побережье Санрику. Отсутствие данных о больших высотах заплеска на ближайшем побережье можно объяснить малыми глубинами воды (100 – 200 м) в районе очаговой области, а также выровненной береговой линией с отсутствием бухт и узких заливов, являющихся концентраторами волновой энергии.

Данные о проявлении этого цунами на корейском и приморском побережьях отсутствуют. В то время как целенаправленный поиск в корейских архивах вполне может дать какие-то результаты, для побережья Приморья единственной возможностью остается тщательный анализ данных о палеоцунами, большой объем работ по которым в последние годы выполнен сотрудниками ТИГ ДВО РАН (Ганзей, Разжигаева, Нишимура и др., 2013). В частности, одно из найденных ими палеособытий с радиоуглеродной датировкой порядка 800 лет тому назад, следы которого прослеживаются на большом протяжении побережья, вполне может быть отражением воздействия цунами Манджу 1026 года.

3 Выбор системы модельных очагов для акватории Японского моря

Как следует из анализа исторических данных, приведенных в разделе 2, основную угрозу цунами для побережья Приморья представляют мелкофокусные подводные землетрясения, происходящие вдоль западного побережья Японских островов. Данные об инструментальной сейсмичности показывают (Рисунок 1, Рисунок 3), что наклонная сейсмофокальная зона протягивается под всей акваторией Японского моря, однако в районе российского побережья глубина очагов находится в диапазоне 400 – 600 км, и хотя некоторые из них имеют магнитуды, превышающие принятое в службе предупреждения о цунами пороговое значение ($M_w = 7.0$), реальной угрозы цунами они не представляют.

В соответствии с принятым в настоящей работе подходом к задаче моделирования цунамигенных землетрясений (Порядок расчета..., 2011), цунамигенная зона Японского моря аппроксимировалась системой модельных очагов, положение, ориентация и механизмы которых выбирались на основе генерализации положения и механизмов известных исторических цунамигенных землетрясений этого региона (около 60 событий за весь исторический период).

За основу было принято распределение модельных очагов землетрясений с магнитудой M_w , равной 7.2. Размеры плоскости разрыва для очагов такой магнитуды были приняты равными $L = 55$ км, $W = 20$ км при величине подвижки $D_0 = 1.5$ м. Сейсмический момент такого источника равен $5.6 \cdot 10^{20}$ Н·м. В качестве основного механизма модельных очагов был принят взброс по крутопадающим разрывам, проходящим вдоль главной литосферной границы раздела этой зоны, т.е. границы между Евроазиатской плитой и Японской микроплитой (Рисунок 2), к которой приурочены очаги цунамигенных землетрясений Японского моря, зарегистрированные в инструментальный период. Дополнительно к основной линии очагов, проходящей вдоль простирания этой границы (центральная линия очагов, см. Рисунок 4), для которых было принято вертикальное ($\delta = 90^\circ$) простирание плоскости разрыва, исполнителями рассмотрены по две дополнительных линии, проходящие к востоку и к западу от нее, с углами падения $\delta = 70^\circ$, 80° и $\delta = 100^\circ$, 110° соответственно (см. Таблица 1) при среднем расстоянии между полосами, равном ширине плоскости разрыва (20 км для такой магнитуды). В соответствии со сделанных в разделе 2 замечанием относительно точности оценки положения очагов доинструментального периода, эта же очаговая полоса продолжалась и к югу от полуострова Ното, следуя в целом очертаниям западного побережья островов Хонсю и Кюсю и заканчиваясь в районе восточного берега Цусимского пролива. Глубина верхнего края разрыва каждой полосы была принята равной 5 км и является одинаковой для всех полос.

Полученные в итоге пять полос модельных очагов, с 45 очагами в каждой из них, достаточно равномерно покрывают область возможного расположения очагов цунамигенных землетрясений Японского моря, которые могут угрожать российскому побережью. Дополнительно к основному набору очагов с магнитудой $M_w = 7.2$, были рассмотрены аналогичные наборы для магнитуд $M_w = 7.5$, 7.8, 8.1 и 8.4. Анализ исторических данных, приведенных в разделе 2, дает основание полагать, что магнитуда $M_w = 8.4$ является предельно возможной

магнитудой подводных землетрясений в акватории Японского моря, по крайней мере на периодах повторяемости до 1000 лет.

Вдоль каждой из упомянутых выше линий задаются специфические особенности механизмов землетрясений, определяемые значениями углов падения разрыва (δ), направлением подвижки (λ) и азимутом простирания этой плоскости (θ). Так, для линии (a), ближайшей к побережью, угол падения плоскости разлома (δ – dip angle), отсчитывающийся против часовой стрелки от горизонтальной плоскости, равен 70° ; для линии (b) – $\delta = 80^\circ$, для центральной линии (c) – $\delta = 90^\circ$, для линии (d) – $\delta = 100^\circ$, для линии (e) – $\delta = 110^\circ$. Угол λ (strike angle), задающий направление подвижки в плоскости разлома, отсчитывающийся против часовой стрелки от проекции горизонтальной линии на плоскость разлома, для всех модельных очагов имеет одинаковое значение 90° . Значения азимутов простирания θ , определяющих ориентацию плоскости разрыва (относительно направления на север), обеспечивают соответствие ориентации площадок разрыва простиранию реальных очагов и общей конфигурации очаговой зоны. Полный набор параметров использованных модельных очагов приведен в таблицах (Таблица 1 – Таблица 5).

Наглядное представление о принципах модификации и расширения созданного ранее (контракт № 2н-08 от 21 мая 2008 г.) набора модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 7.8$ и превращения его в совокупность наборов модельных очагов с магнитудами $M_w = 7.2, 7.5, 7.8, 8.1$ и 8.4 дает рисунок (Рисунок 5), на котором совмещены использованная ранее схема размещения модельных землетрясений с магнитудой $M_w = 7.8$ (синие кружки) и новая система очагов для набора магнитуд $M_w = 7.2, 7.5, 7.8, 8.1$ и 8.4 (красные треугольники). Основное отличие состоит в использовании более мелкого шага между соседними модельными очагами и в более точном соответствии системы модельных очагов области возникновения исторических цунамигенных землетрясений и конфигурации береговой линии западной части Японских островов.

3.1 Источники с магнитудой $M_w = 7.2$

Таблица 1. Параметры механизмов очагов совокупности модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 7.2$: 1 столбец – индекс очага; 2,3 – географические координаты центров нижних краев площадок разрывов (северная широта, восточная долгота); 4,5 – длина (L) и ширина (W) площадки в плоскости разлома; 6 – 8 – характерные углы; 9 – D_0 – величина подвижки по плоскости разлома; 10 – H_{top} – глубина верхнего края разрыва.

	Latitude, grad, N	Longitude, grad, E	L, km	W, km	δ , grad	λ , grad	θ , grad	D_0 , m	H_{top} , km
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.2-1a	33.78	130.12	55	20	70	90	45	1.5	5
7.2-1b	33.92	129.97	55	20	80	90	45	1.5	5
7.2-1c	34.04	129.80	55	20	90	90	45	1.5	5
7.2-1d	34.17	129.63	55	20	100	90	45	1.5	5
7.2-1e	34.31	129.46	55	20	110	90	45	1.5	5
7.2-2a	34.15	130.55	55	20	70	90	48	1.5	5
7.2-2b	34.25	130.41	55	20	80	90	48	1.5	5

7.2-2c	34.38	130.26	55	20	90	90	48	1.5	5
7.2-2d	34.50	130.09	55	20	100	90	48	1.5	5
7.2-2e	34.62	129.93	55	20	110	90	48	1.5	5
7.2-3a	34.44	131.01	55	20	70	90	51	1.5	5
7.2-3b	34.57	130.85	55	20	80	90	51	1.5	5
7.2-3c	34.71	130.71	55	20	90	90	51	1.5	5
7.2-3d	34.86	130.52	55	20	100	90	51	1.5	5
7.2-3e	35.00	130.38	55	20	110	90	51	1.5	5
7.2-4a	34.74	131.48	55	20	70	90	52	1.5	5
7.2-4b	34.89	131.34	55	20	80	90	52	1.5	5
7.2-4c	35.02	131.19	55	20	90	90	52	1.5	5
7.2-4d	35.15	131.04	55	20	100	90	52	1.5	5
7.2-4e	35.29	130.86	55	20	110	90	52	1.5	5
7.2-5a	35.05	131.95	55	20	70	90	55	1.5	5
7.2-5b	35.20	131.81	55	20	80	90	55	1.5	5
7.2-5c	35.33	131.67	55	20	90	90	55	1.5	5
7.2-5d	35.48	131.50	55	20	100	90	55	1.5	5
7.2-5e	35.62	131.35	55	20	110	90	55	1.5	5
7.2-6a	35.29	132.49	55	20	70	90	60	1.5	5
7.2-6b	35.45	132.33	55	20	80	90	60	1.5	5
7.2-6c	35.57	132.21	55	20	90	90	60	1.5	5
7.2-6d	35.72	132.08	55	20	100	90	60	1.5	5
7.2-6e	35.87	131.93	55	20	110	90	60	1.5	5
7.2-7a	35.46	132.95	55	20	70	90	65	1.5	5
7.2-7b	35.63	132.84	55	20	80	90	65	1.5	5
7.2-7c	35.76	132.75	55	20	90	90	65	1.5	5
7.2-7d	35.92	132.66	55	20	100	90	65	1.5	5
7.2-7e	36.09	132.55	55	20	110	90	65	1.5	5
7.2-8a	35.60	133.50	55	20	70	90	70	1.5	5
7.2-8b	35.76	133.41	55	20	80	90	70	1.5	5
7.2-8c	35.91	133.33	55	20	90	90	70	1.5	5
7.2-8d	36.08	133.20	55	20	100	90	70	1.5	5
7.2-8e	36.25	133.11	55	20	110	90	70	1.5	5
7.2-9a	35.74	134.10	55	20	70	90	68	1.5	5
7.2-9b	35.88	134.01	55	20	80	90	68	1.5	5
7.2-9c	36.03	133.90	55	20	90	90	68	1.5	5
7.2-9d	36.20	133.80	55	20	100	90	68	1.5	5
7.2-9e	36.39	133.69	55	20	110	90	68	1.5	5
7.2-10a	35.93	134.75	55	20	70	90	65	1.5	5
7.2-10b	36.09	134.63	55	20	80	90	65	1.5	5
7.2-10c	36.23	134.50	55	20	90	90	65	1.5	5
7.2-10d	36.39	134.37	55	20	100	90	65	1.5	5
7.2-10e	36.55	134.25	55	20	110	90	65	1.5	5
7.2-11a	36.12	135.30	55	20	70	90	58	1.5	5
7.2-11b	36.27	135.16	55	20	80	90	58	1.5	5
7.2-11c	36.42	135.06	55	20	90	90	58	1.5	5
7.2-11d	36.60	134.89	55	20	100	90	58	1.5	5
7.2-11e	36.76	134.75	55	20	110	90	58	1.5	5

7.2-12a	36.43	135.84	55	20	70	90	55	1.5	5
7.2-12b	36.55	135.67	55	20	80	90	55	1.5	5
7.2-12c	36.70	135.55	55	20	90	90	55	1.5	5
7.2-12d	36.84	135.36	55	20	100	90	55	1.5	5
7.2-12e	37.00	135.25	55	20	110	90	55	1.5	5
7.2-13a	36.75	136.38	55	20	70	90	50	1.5	5
7.2-13b	36.88	136.20	55	20	80	90	50	1.5	5
7.2-13c	36.99	136.08	55	20	90	90	50	1.5	5
7.2-13d	37.14	135.89	55	20	100	90	50	1.5	5
7.2-13e	37.27	135.74	55	20	110	90	50	1.5	5
7.2-14a	37.08	136.85	55	20	70	90	50	1.5	5
7.2-14b	37.20	136.69	55	20	80	90	50	1.5	5
7.2-14c	37.33	136.53	55	20	90	90	50	1.5	5
7.2-14d	37.47	136.34	55	20	100	90	50	1.5	5
7.2-14e	37.60	136.20	55	20	110	90	50	1.5	5
7.2-15a	37.35	137.32	55	20	70	90	55	1.5	5
7.2-15b	37.49	137.17	55	20	80	90	55	1.5	5
7.2-15c	37.62	137.02	55	20	90	90	55	1.5	5
7.2-15d	37.78	136.83	55	20	100	90	55	1.5	5
7.2-15e	37.90	136.69	55	20	110	90	55	1.5	5
7.2-16a	37.64	137.88	55	20	70	90	53	1.5	5
7.2-16b	37.76	137.71	55	20	80	90	53	1.5	5
7.2-16c	37.87	137.56	55	20	90	90	53	1.5	5
7.2-16d	38.03	137.40	55	20	100	90	53	1.5	5
7.2-16e	38.16	137.26	55	20	110	90	53	1.5	5
7.2-17a	37.95	138.41	55	20	70	90	48	1.5	5
7.2-17b	38.07	138.24	55	20	80	90	48	1.5	5
7.2-17c	38.19	138.08	55	20	90	90	48	1.5	5
7.2-17d	38.33	137.89	55	20	100	90	48	1.5	5
7.2-17e	38.45	137.72	55	20	110	90	48	1.5	5
7.2-18a	38.33	138.83	55	20	70	90	38	1.5	5
7.2-18b	38.44	138.69	55	20	80	90	38	1.5	5
7.2-18c	38.55	138.52	55	20	90	90	38	1.5	5
7.2-18d	38.67	138.33	55	20	100	90	38	1.5	5
7.2-18e	38.77	138.15	55	20	110	90	38	1.5	5
7.2-19a	38.82	139.30	55	20	70	90	25	1.5	5
7.2-19b	38.88	139.10	55	20	80	90	25	1.5	5
7.2-19c	38.95	138.86	55	20	90	90	25	1.5	5
7.2-19d	39.02	138.63	55	20	100	90	25	1.5	5
7.2-19e	39.09	138.39	55	20	110	90	25	1.5	5
7.2-20a	39.33	139.53	55	20	70	90	13	1.5	5
7.2-20b	39.40	139.30	55	20	80	90	13	1.5	5
7.2-20c	39.43	139.04	55	20	90	90	13	1.5	5
7.2-20d	39.48	138.83	55	20	100	90	13	1.5	5
7.2-20e	39.52	138.60	55	20	110	90	13	1.5	5
7.2-21a	39.84	139.62	55	20	70	90	5	1.5	5
7.2-21b	39.87	139.38	55	20	80	90	5	1.5	5
7.2-21c	39.91	139.13	55	20	90	90	5	1.5	5

7.2-21d	39.95	138.90	55	20	100	90	5	1.5	5
7.2-21e	39.99	138.65	55	20	110	90	5	1.5	5
7.2-22a	40.42	139.65	55	20	70	90	0	1.5	5
7.2-22b	40.42	139.42	55	20	80	90	0	1.5	5
7.2-22c	40.42	139.19	55	20	90	90	0	1.5	5
7.2-22d	40.43	138.96	55	20	100	90	0	1.5	5
7.2-22e	40.43	138.71	55	20	110	90	0	1.5	5
7.2-23a	40.91	139.65	55	20	70	90	0	1.5	5
7.2-23b	40.91	139.41	55	20	80	90	0	1.5	5
7.2-23c	40.92	139.15	55	20	90	90	0	1.5	5
7.2-23d	40.93	138.89	55	20	100	90	0	1.5	5
7.2-23e	40.94	138.68	55	20	110	90	0	1.5	5
7.2-24a	41.42	139.62	55	20	70	90	0	1.5	5
7.2-24b	41.41	139.39	55	20	80	90	0	1.5	5
7.2-24c	41.41	139.13	55	20	90	90	0	1.5	5
7.2-24d	41.41	138.87	55	20	100	90	0	1.5	5
7.2-24e	41.40	138.63	55	20	110	90	0	1.5	5
7.2-25a	41.88	139.63	55	20	70	90	0	1.5	5
7.2-25b	41.88	139.38	55	20	80	90	0	1.5	5
7.2-25c	41.91	139.16	55	20	90	90	0	1.5	5
7.2-25d	41.91	138.89	55	20	100	90	0	1.5	5
7.2-25e	41.92	138.63	55	20	110	90	0	1.5	5
7.2-26a	42.38	139.65	55	20	70	90	3	1.5	5
7.2-26b	42.39	139.42	55	20	80	90	3	1.5	5
7.2-26c	42.40	139.17	55	20	90	90	3	1.5	5
7.2-26d	42.42	138.93	55	20	100	90	3	1.5	5
7.2-26e	42.43	138.64	55	20	110	90	3	1.5	5
7.2-27a	42.84	139.69	55	20	70	90	9	1.5	5
7.2-27b	42.86	139.46	55	20	80	90	9	1.5	5
7.2-27c	42.87	139.23	55	20	90	90	9	1.5	5
7.2-27d	42.89	138.98	55	20	100	90	9	1.5	5
7.2-27e	42.90	138.75	55	20	110	90	9	1.5	5
7.2-28a	43.35	139.84	55	20	70	90	11	1.5	5
7.2-28b	43.38	139.58	55	20	80	90	11	1.5	5
7.2-28c	43.38	139.35	55	20	90	90	11	1.5	5
7.2-28d	43.41	139.11	55	20	100	90	11	1.5	5
7.2-28e	43.43	138.85	55	20	110	90	11	1.5	5
7.2-29a	43.80	139.98	55	20	70	90	15	1.5	5
7.2-29b	43.84	139.75	55	20	80	90	15	1.5	5
7.2-29c	43.88	139.49	55	20	90	90	15	1.5	5
7.2-29d	43.92	139.24	55	20	100	90	15	1.5	5
7.2-29e	43.95	138.98	55	20	110	90	15	1.5	5
7.2-30a	44.28	140.16	55	20	70	90	17	1.5	5
7.2-30b	44.34	139.91	55	20	80	90	17	1.5	5
7.2-30c	44.37	139.67	55	20	90	90	17	1.5	5
7.2-30d	44.41	139.41	55	20	100	90	17	1.5	5
7.2-30e	44.47	139.12	55	20	110	90	17	1.5	5
7.2-31a	44.73	140.37	55	20	70	90	20	1.5	5

7.2-31b	44.78	140.12	55	20	80	90	20	1.5	5
7.2-31c	44.83	139.87	55	20	90	90	20	1.5	5
7.2-31d	44.88	139.62	55	20	100	90	20	1.5	5
7.2-31e	44.93	139.38	55	20	110	90	20	1.5	5
7.2-32a	45.17	140.60	55	20	70	90	25	1.5	5
7.2-32b	45.26	140.35	55	20	80	90	25	1.5	5
7.2-32c	45.32	140.10	55	20	90	90	25	1.5	5
7.2-32d	45.40	139.87	55	20	100	90	25	1.5	5
7.2-32e	45.48	139.65	55	20	110	90	25	1.5	5
7.2-33a	45.60	140.94	55	20	70	90	25	1.5	5
7.2-33b	45.66	140.70	55	20	80	90	25	1.5	5
7.2-33c	45.73	140.45	55	20	90	90	25	1.5	5
7.2-33d	45.82	140.21	55	20	100	90	25	1.5	5
7.2-33e	45.88	139.98	55	20	110	90	25	1.5	5
7.2-34a	46.08	141.23	55	20	70	90	22	1.5	5
7.2-34b	46.16	140.98	55	20	80	90	22	1.5	5
7.2-34c	46.22	140.71	55	20	90	90	22	1.5	5
7.2-34d	46.30	140.45	55	20	100	90	22	1.5	5
7.2-34e	46.36	140.19	55	20	110	90	22	1.5	5
7.2-35a	46.61	141.49	55	20	70	90	20	1.5	5
7.2-35b	46.65	141.24	55	20	80	90	20	1.5	5
7.2-35c	46.69	141.00	55	20	90	90	20	1.5	5
7.2-35d	46.74	140.75	55	20	100	90	20	1.5	5
7.2-35e	46.79	140.48	55	20	110	90	20	1.5	5
7.2-36a	47.07	141.74	55	20	70	90	15	1.5	5
7.2-36b	47.11	141.49	55	20	80	90	15	1.5	5
7.2-36c	47.14	141.23	55	20	90	90	15	1.5	5
7.2-36d	47.18	140.95	55	20	100	90	15	1.5	5
7.2-36e	47.21	140.67	55	20	110	90	15	1.5	5
7.2-37a	47.59	141.89	55	20	70	90	10	1.5	5
7.2-37b	47.61	141.64	55	20	80	90	10	1.5	5
7.2-37c	47.63	141.38	55	20	90	90	10	1.5	5
7.2-37d	47.66	141.09	55	20	100	90	10	1.5	5
7.2-37e	47.68	140.81	55	20	110	90	10	1.5	5
7.2-38a	48.10	142.00	55	20	70	90	8	1.5	5
7.2-38b	48.13	141.77	55	20	80	90	8	1.5	5
7.2-38c	48.16	141.49	55	20	90	90	8	1.5	5
7.2-38d	48.18	141.20	55	20	100	90	8	1.5	5
7.2-38e	48.21	140.91	55	20	110	90	8	1.5	5
7.2-39a	48.61	142.15	55	20	70	90	6	1.5	5
7.2-39b	48.62	141.89	55	20	80	90	6	1.5	5
7.2-39c	48.64	141.61	55	20	90	90	6	1.5	5
7.2-39d	48.66	141.31	55	20	100	90	6	1.5	5
7.2-39e	48.68	141.03	55	20	110	90	6	1.5	5
7.2-40a	49.15	142.23	55	20	70	90	5	1.5	5
7.2-40b	49.15	141.95	55	20	80	90	5	1.5	5
7.2-40c	49.15	141.69	55	20	90	90	5	1.5	5
7.2-40d	49.17	141.38	55	20	100	90	5	1.5	5

7.2-40e	49.17	141.14	55	20	110	90	5	1.5	5
7.2-41a	49.63	142.37	55	20	70	90	4	1.5	5
7.2-41b	49.65	142.07	55	20	80	90	4	1.5	5
7.2-41c	49.66	141.80	55	20	90	90	4	1.5	5
7.2-41d	49.68	141.55	55	20	100	90	4	1.5	5
7.2-41e	49.70	141.26	55	20	110	90	4	1.5	5
7.2-42a	50.16	142.40	55	20	70	90	4	1.5	5
7.2-42b	50.18	142.16	55	20	80	90	4	1.5	5
7.2-42c	50.19	141.89	55	20	90	90	4	1.5	5
7.2-42d	50.21	141.60	55	20	100	90	4	1.5	5
7.2-42e	50.24	141.28	55	20	110	90	4	1.5	5
7.2-43a	50.70	142.53	55	20	70	90	4	1.5	5
7.2-43b	50.70	142.27	55	20	80	90	4	1.5	5
7.2-43c	50.71	141.96	55	20	90	90	4	1.5	5
7.2-43d	50.72	141.67	55	20	100	90	4	1.5	5
7.2-43e	50.72	141.36	55	20	110	90	4	1.5	5
7.2-44a	51.21	142.51	55	20	70	90	3	1.5	5
7.2-44b	51.21	142.25	55	20	80	90	3	1.5	5
7.2-44c	51.21	141.95	55	20	90	90	3	1.5	5
7.2-44d	51.21	141.64	55	20	100	90	3	1.5	5
7.2-44e	51.21	141.35	55	20	110	90	3	1.5	5
7.2-45a	51.63	142.57	55	20	70	90	2	1.5	5
7.2-45b	51.64	142.28	55	20	80	90	2	1.5	5
7.2-45c	51.64	142.00	55	20	90	90	2	1.5	5
7.2-45d	51.65	141.72	55	20	100	90	2	1.5	5
7.2-45e	51.66	141.41	55	20	110	90	2	1.5	5

3.2 Источники с магнитудой $M_w = 7.5$

Таблица 2. Параметры механизмов очагов совокупности модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 7.5$: 1 столбец – индекс очага; 2,3 – географические координаты центров нижних краев площадок разрывов (северная широта, восточная долгота); 4,5 – длина (L) и ширина (W) площадки в плоскости разлома; 6 – 8 – характерные углы; 9 – D_0 – величина подвижки по плоскости разлома; 10 – H_{top} – глубина верхнего края разрыва.

	Latitude, grad, N	Longitude, grad, E	L , km	W , km	δ , grad	λ , grad	θ , grad	D_0 , m	H_{top} , km
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.5-1a	33.78	130.12	75	25	70	90	45	2.6	5
7.5-1b	33.92	129.97	75	25	80	90	45	2.6	5
7.5-1c	34.04	129.80	75	25	90	90	45	2.6	5
7.5-1d	34.17	129.63	75	25	100	90	45	2.6	5
7.5-1e	34.31	129.46	75	25	110	90	45	2.6	5
7.5-2a	34.15	130.55	75	25	70	90	48	2.6	5
7.5-2b	34.25	130.41	75	25	80	90	48	2.6	5
7.5-2c	34.38	130.26	75	25	90	90	48	2.6	5
7.5-2d	34.50	130.09	75	25	100	90	48	2.6	5
7.5-2e	34.62	129.93	75	25	110	90	48	2.6	5
7.5-3a	34.44	131.01	75	25	70	90	51	2.6	5
7.5-3b	34.57	130.85	75	25	80	90	51	2.6	5

7.5-3c	34.71	130.71	75	25	90	90	51	2.6	5
7.5-3d	34.86	130.52	75	25	100	90	51	2.6	5
7.5-3e	35.00	130.38	75	25	110	90	51	2.6	5
7.5-4a	34.74	131.48	75	25	70	90	52	2.6	5
7.5-4b	34.89	131.34	75	25	80	90	52	2.6	5
7.5-4c	35.02	131.19	75	25	90	90	52	2.6	5
7.5-4d	35.15	131.04	75	25	100	90	52	2.6	5
7.5-4e	35.29	130.86	75	25	110	90	52	2.6	5
7.5-5a	35.05	131.95	75	25	70	90	55	2.6	5
7.5-5b	35.20	131.81	75	25	80	90	55	2.6	5
7.5-5c	35.33	131.67	75	25	90	90	55	2.6	5
7.5-5d	35.48	131.50	75	25	100	90	55	2.6	5
7.5-5e	35.62	131.35	75	25	110	90	55	2.6	5
7.5-6a	35.29	132.49	75	25	70	90	60	2.6	5
7.5-6b	35.45	132.33	75	25	80	90	60	2.6	5
7.5-6c	35.57	132.21	75	25	90	90	60	2.6	5
7.5-6d	35.72	132.08	75	25	100	90	60	2.6	5
7.5-6e	35.87	131.93	75	25	110	90	60	2.6	5
7.5-7a	35.46	132.95	75	25	70	90	65	2.6	5
7.5-7b	35.63	132.84	75	25	80	90	65	2.6	5
7.5-7c	35.76	132.75	75	25	90	90	65	2.6	5
7.5-7d	35.92	132.66	75	25	100	90	65	2.6	5
7.5-7e	36.09	132.55	75	25	110	90	65	2.6	5
7.5-8a	35.60	133.50	75	25	70	90	70	2.6	5
7.5-8b	35.76	133.41	75	25	80	90	70	2.6	5
7.5-8c	35.91	133.33	75	25	90	90	70	2.6	5
7.5-8d	36.08	133.20	75	25	100	90	70	2.6	5
7.5-8e	36.25	133.11	75	25	110	90	70	2.6	5
7.5-9a	35.74	134.10	75	25	70	90	68	2.6	5
7.5-9b	35.88	134.01	75	25	80	90	68	2.6	5
7.5-9c	36.03	133.90	75	25	90	90	68	2.6	5
7.5-9d	36.20	133.80	75	25	100	90	68	2.6	5
7.5-9e	36.39	133.69	75	25	110	90	68	2.6	5
7.5-10a	35.93	134.75	75	25	70	90	65	2.6	5
7.5-10b	36.09	134.63	75	25	80	90	65	2.6	5
7.5-10c	36.23	134.50	75	25	90	90	65	2.6	5
7.5-10d	36.39	134.37	75	25	100	90	65	2.6	5
7.5-10e	36.55	134.25	75	25	110	90	65	2.6	5
7.5-11a	36.12	135.30	75	25	70	90	58	2.6	5
7.5-11b	36.27	135.16	75	25	80	90	58	2.6	5
7.5-11c	36.42	135.06	75	25	90	90	58	2.6	5
7.5-11d	36.60	134.89	75	25	100	90	58	2.6	5
7.5-11e	36.76	134.75	75	25	110	90	58	2.6	5
7.5-12a	36.43	135.84	75	25	70	90	55	2.6	5
7.5-12b	36.55	135.67	75	25	80	90	55	2.6	5
7.5-12c	36.70	135.55	75	25	90	90	55	2.6	5
7.5-12d	36.84	135.36	75	25	100	90	55	2.6	5
7.5-12e	37.00	135.25	75	25	110	90	55	2.6	5

7.5-13a	36.75	136.38	75	25	70	90	50	2.6	5
7.5-13b	36.88	136.20	75	25	80	90	50	2.6	5
7.5-13c	36.99	136.08	75	25	90	90	50	2.6	5
7.5-13d	37.14	135.89	75	25	100	90	50	2.6	5
7.5-13e	37.27	135.74	75	25	110	90	50	2.6	5
7.5-14a	37.08	136.85	75	25	70	90	50	2.6	5
7.5-14b	37.20	136.69	75	25	80	90	50	2.6	5
7.5-14c	37.33	136.53	75	25	90	90	50	2.6	5
7.5-14d	37.47	136.34	75	25	100	90	50	2.6	5
7.5-14e	37.60	136.20	75	25	110	90	50	2.6	5
7.5-15a	37.35	137.32	75	25	70	90	55	2.6	5
7.5-15b	37.49	137.17	75	25	80	90	55	2.6	5
7.5-15c	37.62	137.02	75	25	90	90	55	2.6	5
7.5-15d	37.78	136.83	75	25	100	90	55	2.6	5
7.5-15e	37.90	136.69	75	25	110	90	55	2.6	5
7.5-16a	37.64	137.88	75	25	70	90	53	2.6	5
7.5-16b	37.76	137.71	75	25	80	90	53	2.6	5
7.5-16c	37.87	137.56	75	25	90	90	53	2.6	5
7.5-16d	38.03	137.40	75	25	100	90	53	2.6	5
7.5-16e	38.16	137.26	75	25	110	90	53	2.6	5
7.5-17a	37.95	138.41	75	25	70	90	48	2.6	5
7.5-17b	38.07	138.24	75	25	80	90	48	2.6	5
7.5-17c	38.19	138.08	75	25	90	90	48	2.6	5
7.5-17d	38.33	137.89	75	25	100	90	48	2.6	5
7.5-17e	38.45	137.72	75	25	110	90	48	2.6	5
7.5-18a	38.33	138.83	75	25	70	90	38	2.6	5
7.5-18b	38.44	138.69	75	25	80	90	38	2.6	5
7.5-18c	38.55	138.52	75	25	90	90	38	2.6	5
7.5-18d	38.67	138.33	75	25	100	90	38	2.6	5
7.5-18e	38.77	138.15	75	25	110	90	38	2.6	5
7.5-19a	38.82	139.30	75	25	70	90	25	2.6	5
7.5-19b	38.88	139.10	75	25	80	90	25	2.6	5
7.5-19c	38.95	138.86	75	25	90	90	25	2.6	5
7.5-19d	39.02	138.63	75	25	100	90	25	2.6	5
7.5-19e	39.09	138.39	75	25	110	90	25	2.6	5
7.5-20a	39.33	139.53	75	25	70	90	13	2.6	5
7.5-20b	39.40	139.30	75	25	80	90	13	2.6	5
7.5-20c	39.43	139.04	75	25	90	90	13	2.6	5
7.5-20d	39.48	138.83	75	25	100	90	13	2.6	5
7.5-20e	39.52	138.60	75	25	110	90	13	2.6	5
7.5-21a	39.84	139.62	75	25	70	90	5	2.6	5
7.5-21b	39.87	139.38	75	25	80	90	5	2.6	5
7.5-21c	39.91	139.13	75	25	90	90	5	2.6	5
7.5-21d	39.95	138.90	75	25	100	90	5	2.6	5
7.5-21e	39.99	138.65	75	25	110	90	5	2.6	5
7.5-22a	40.42	139.65	75	25	70	90	0	2.6	5
7.5-22b	40.42	139.42	75	25	80	90	0	2.6	5
7.5-22c	40.42	139.19	75	25	90	90	0	2.6	5

7.5-22d	40.43	138.96	75	25	100	90	0	2.6	5
7.5-22e	40.43	138.71	75	25	110	90	0	2.6	5
7.5-23a	40.91	139.65	75	25	70	90	0	2.6	5
7.5-23b	40.91	139.41	75	25	80	90	0	2.6	5
7.5-23c	40.92	139.15	75	25	90	90	0	2.6	5
7.5-23d	40.93	138.89	75	25	100	90	0	2.6	5
7.5-23e	40.94	138.68	75	25	110	90	0	2.6	5
7.5-24a	41.42	139.62	75	25	70	90	0	2.6	5
7.5-24b	41.41	139.39	75	25	80	90	0	2.6	5
7.5-24c	41.41	139.13	75	25	90	90	0	2.6	5
7.5-24d	41.41	138.87	75	25	100	90	0	2.6	5
7.5-24e	41.40	138.63	75	25	110	90	0	2.6	5
7.5-25a	41.88	139.63	75	25	70	90	0	2.6	5
7.5-25b	41.88	139.38	75	25	80	90	0	2.6	5
7.5-25c	41.91	139.16	75	25	90	90	0	2.6	5
7.5-25d	41.91	138.89	75	25	100	90	0	2.6	5
7.5-25e	41.92	138.63	75	25	110	90	0	2.6	5
7.5-26a	42.38	139.65	75	25	70	90	3	2.6	5
7.5-26b	42.39	139.42	75	25	80	90	3	2.6	5
7.5-26c	42.40	139.17	75	25	90	90	3	2.6	5
7.5-26d	42.42	138.93	75	25	100	90	3	2.6	5
7.5-26e	42.43	138.64	75	25	110	90	3	2.6	5
7.5-27a	42.84	139.69	75	25	70	90	9	2.6	5
7.5-27b	42.86	139.46	75	25	80	90	9	2.6	5
7.5-27c	42.87	139.23	75	25	90	90	9	2.6	5
7.5-27d	42.89	138.98	75	25	100	90	9	2.6	5
7.5-27e	42.90	138.75	75	25	110	90	9	2.6	5
7.5-28a	43.35	139.84	75	25	70	90	11	2.6	5
7.5-28b	43.38	139.58	75	25	80	90	11	2.6	5
7.5-28c	43.38	139.35	75	25	90	90	11	2.6	5
7.5-28d	43.41	139.11	75	25	100	90	11	2.6	5
7.5-28e	43.43	138.85	75	25	110	90	11	2.6	5
7.5-29a	43.80	139.98	75	25	70	90	15	2.6	5
7.5-29b	43.84	139.75	75	25	80	90	15	2.6	5
7.5-29c	43.88	139.49	75	25	90	90	15	2.6	5
7.5-29d	43.92	139.24	75	25	100	90	15	2.6	5
7.5-29e	43.95	138.98	75	25	110	90	15	2.6	5
7.5-30a	44.28	140.16	75	25	70	90	17	2.6	5
7.5-30b	44.34	139.91	75	25	80	90	17	2.6	5
7.5-30c	44.37	139.67	75	25	90	90	17	2.6	5
7.5-30d	44.41	139.41	75	25	100	90	17	2.6	5
7.5-30e	44.47	139.12	75	25	110	90	17	2.6	5
7.5-31a	44.73	140.37	75	25	70	90	20	2.6	5
7.5-31b	44.78	140.12	75	25	80	90	20	2.6	5
7.5-31c	44.83	139.87	75	25	90	90	20	2.6	5
7.5-31d	44.88	139.62	75	25	100	90	20	2.6	5
7.5-31e	44.93	139.38	75	25	110	90	20	2.6	5
7.5-32a	45.17	140.60	75	25	70	90	25	2.6	5

7.5-32b	45.26	140.35	75	25	80	90	25	2.6	5
7.5-32c	45.32	140.10	75	25	90	90	25	2.6	5
7.5-32d	45.40	139.87	75	25	100	90	25	2.6	5
7.5-32e	45.48	139.65	75	25	110	90	25	2.6	5
7.5-33a	45.60	140.94	75	25	70	90	25	2.6	5
7.5-33b	45.66	140.70	75	25	80	90	25	2.6	5
7.5-33c	45.73	140.45	75	25	90	90	25	2.6	5
7.5-33d	45.82	140.21	75	25	100	90	25	2.6	5
7.5-33e	45.88	139.98	75	25	110	90	25	2.6	5
7.5-34a	46.08	141.23	75	25	70	90	22	2.6	5
7.5-34b	46.16	140.98	75	25	80	90	22	2.6	5
7.5-34c	46.22	140.71	75	25	90	90	22	2.6	5
7.5-34d	46.30	140.45	75	25	100	90	22	2.6	5
7.5-34e	46.36	140.19	75	25	110	90	22	2.6	5
7.5-35a	46.61	141.49	75	25	70	90	20	2.6	5
7.5-35b	46.65	141.24	75	25	80	90	20	2.6	5
7.5-35c	46.69	141.00	75	25	90	90	20	2.6	5
7.5-35d	46.74	140.75	75	25	100	90	20	2.6	5
7.5-35e	46.79	140.48	75	25	110	90	20	2.6	5
7.5-36a	47.07	141.74	75	25	70	90	15	2.6	5
7.5-36b	47.11	141.49	75	25	80	90	15	2.6	5
7.5-36c	47.14	141.23	75	25	90	90	15	2.6	5
7.5-36d	47.18	140.95	75	25	100	90	15	2.6	5
7.5-36e	47.21	140.67	75	25	110	90	15	2.6	5
7.5-37a	47.59	141.89	75	25	70	90	10	2.6	5
7.5-37b	47.61	141.64	75	25	80	90	10	2.6	5
7.5-37c	47.63	141.38	75	25	90	90	10	2.6	5
7.5-37d	47.66	141.09	75	25	100	90	10	2.6	5
7.5-37e	47.68	140.81	75	25	110	90	10	2.6	5
7.5-38a	48.10	142.00	75	25	70	90	8	2.6	5
7.5-38b	48.13	141.77	75	25	80	90	8	2.6	5
7.5-38c	48.16	141.49	75	25	90	90	8	2.6	5
7.5-38d	48.18	141.20	75	25	100	90	8	2.6	5
7.5-38e	48.21	140.91	75	25	110	90	8	2.6	5
7.5-39a	48.61	142.15	75	25	70	90	6	2.6	5
7.5-39b	48.62	141.89	75	25	80	90	6	2.6	5
7.5-39c	48.64	141.61	75	25	90	90	6	2.6	5
7.5-39d	48.66	141.31	75	25	100	90	6	2.6	5
7.5-39e	48.68	141.03	75	25	110	90	6	2.6	5
7.5-40a	49.15	142.23	75	25	70	90	5	2.6	5
7.5-40b	49.15	141.95	75	25	80	90	5	2.6	5
7.5-40c	49.15	141.69	75	25	90	90	5	2.6	5
7.5-40d	49.17	141.38	75	25	100	90	5	2.6	5
7.5-40e	49.17	141.14	75	25	110	90	5	2.6	5
7.5-41a	49.63	142.37	75	25	70	90	4	2.6	5
7.5-41b	49.65	142.07	75	25	80	90	4	2.6	5
7.5-41c	49.66	141.80	75	25	90	90	4	2.6	5
7.5-41d	49.68	141.55	75	25	100	90	4	2.6	5

7.5-41e	49.70	141.26	75	25	110	90	4	2.6	5
7.5-42a	50.16	142.40	75	25	70	90	4	2.6	5
7.5-42b	50.18	142.16	75	25	80	90	4	2.6	5
7.5-42c	50.19	141.89	75	25	90	90	4	2.6	5
7.5-42d	50.21	141.60	75	25	100	90	4	2.6	5
7.5-42e	50.24	141.28	75	25	110	90	4	2.6	5
7.5-43a	50.70	142.53	75	25	70	90	4	2.6	5
7.5-43b	50.70	142.27	75	25	80	90	4	2.6	5
7.5-43c	50.71	141.96	75	25	90	90	4	2.6	5
7.5-43d	50.72	141.67	75	25	100	90	4	2.6	5
7.5-43e	50.72	141.36	75	25	110	90	4	2.6	5
7.5-44a	51.21	142.51	75	25	70	90	3	2.6	5
7.5-44b	51.21	142.25	75	25	80	90	3	2.6	5
7.5-44c	51.21	141.95	75	25	90	90	3	2.6	5
7.5-44d	51.21	141.64	75	25	100	90	3	2.6	5
7.5-44e	51.21	141.35	75	25	110	90	3	2.6	5
7.5-45a	51.63	142.57	75	25	70	90	2	2.6	5
7.5-45b	51.64	142.28	75	25	80	90	2	2.6	5
7.5-45c	51.64	142.00	75	25	90	90	2	2.6	5
7.5-45d	51.65	141.72	75	25	100	90	2	2.6	5
7.5-45e	51.66	141.41	75	25	110	90	2	2.6	5

3.3 Источники с магнитудой $M_w = 7.8$

Таблица 3. Параметры механизмов очагов совокупности модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 7.8$: 1 столбец – индекс очага; 2,3 – географические координаты центров нижних краев площадок разрывов (северная широта, восточная долгота); 4,5 – длина (L) и ширина (W) площадки в плоскости разлома; 6 – 8 – характерные углы; 9 – D_0 – величина подвижки по плоскости разлома; 10 – H_{top} – глубина верхнего края разрыва.

	Latitude, grad, N	Longitude, grad, E	L , km	W , km	δ , grad	λ , grad	θ , grad	D_0 , m	H_{top} , km
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.8-1a	33.78	130.12	108	38	70	90	45	2.74	5
7.8-1b	33.92	129.97	108	38	80	90	45	2.74	5
7.8-1c	34.04	129.80	108	38	90	90	45	2.74	5
7.8-1d	34.17	129.63	108	38	100	90	45	2.74	5
7.8-1e	34.31	129.46	108	38	110	90	45	2.74	5
7.8-2a	34.15	130.55	108	38	70	90	48	2.74	5
7.8-2b	34.25	130.41	108	38	80	90	48	2.74	5
7.8-2c	34.38	130.26	108	38	90	90	48	2.74	5
7.8-2d	34.50	130.09	108	38	100	90	48	2.74	5
7.8-2e	34.62	129.93	108	38	110	90	48	2.74	5
7.8-3a	34.44	131.01	108	38	70	90	51	2.74	5
7.8-3b	34.57	130.85	108	38	80	90	51	2.74	5
7.8-3c	34.71	130.71	108	38	90	90	51	2.74	5
7.8-3d	34.86	130.52	108	38	100	90	51	2.74	5
7.8-3e	35.00	130.38	108	38	110	90	51	2.74	5
7.8-4a	34.74	131.48	108	38	70	90	52	2.74	5
7.8-4b	34.89	131.34	108	38	80	90	52	2.74	5

7.8-4c	35.02	131.19	108	38	90	90	52	2.74	5
7.8-4d	35.15	131.04	108	38	100	90	52	2.74	5
7.8-4e	35.29	130.86	108	38	110	90	52	2.74	5
7.8-5a	35.05	131.95	108	38	70	90	55	2.74	5
7.8-5b	35.20	131.81	108	38	80	90	55	2.74	5
7.8-5c	35.33	131.67	108	38	90	90	55	2.74	5
7.8-5d	35.48	131.50	108	38	100	90	55	2.74	5
7.8-5e	35.62	131.35	108	38	110	90	55	2.74	5
7.8-6a	35.29	132.49	108	38	70	90	60	2.74	5
7.8-6b	35.45	132.33	108	38	80	90	60	2.74	5
7.8-6c	35.57	132.21	108	38	90	90	60	2.74	5
7.8-6d	35.72	132.08	108	38	100	90	60	2.74	5
7.8-6e	35.87	131.93	108	38	110	90	60	2.74	5
7.8-7a	35.46	132.95	108	38	70	90	65	2.74	5
7.8-7b	35.63	132.84	108	38	80	90	65	2.74	5
7.8-7c	35.76	132.75	108	38	90	90	65	2.74	5
7.8-7d	35.92	132.66	108	38	100	90	65	2.74	5
7.8-7e	36.09	132.55	108	38	110	90	65	2.74	5
7.8-8a	35.60	133.50	108	38	70	90	70	2.74	5
7.8-8b	35.76	133.41	108	38	80	90	70	2.74	5
7.8-8c	35.91	133.33	108	38	90	90	70	2.74	5
7.8-8d	36.08	133.20	108	38	100	90	70	2.74	5
7.8-8e	36.25	133.11	108	38	110	90	70	2.74	5
7.8-9a	35.74	134.10	108	38	70	90	68	2.74	5
7.8-9b	35.88	134.01	108	38	80	90	68	2.74	5
7.8-9c	36.03	133.90	108	38	90	90	68	2.74	5
7.8-9d	36.20	133.80	108	38	100	90	68	2.74	5
7.8-9e	36.39	133.69	108	38	110	90	68	2.74	5
7.8-10a	35.93	134.75	108	38	70	90	65	2.74	5
7.8-10b	36.09	134.63	108	38	80	90	65	2.74	5
7.8-10c	36.23	134.50	108	38	90	90	65	2.74	5
7.8-10d	36.39	134.37	108	38	100	90	65	2.74	5
7.8-10e	36.55	134.25	108	38	110	90	65	2.74	5
7.8-11a	36.12	135.30	108	38	70	90	58	2.74	5
7.8-11b	36.27	135.16	108	38	80	90	58	2.74	5
7.8-11c	36.42	135.06	108	38	90	90	58	2.74	5
7.8-11d	36.60	134.89	108	38	100	90	58	2.74	5
7.8-11e	36.76	134.75	108	38	110	90	58	2.74	5
7.8-12a	36.43	135.84	108	38	70	90	55	2.74	5
7.8-12b	36.55	135.67	108	38	80	90	55	2.74	5
7.8-12c	36.70	135.55	108	38	90	90	55	2.74	5
7.8-12d	36.84	135.36	108	38	100	90	55	2.74	5
7.8-12e	37.00	135.25	108	38	110	90	55	2.74	5
7.8-13a	36.75	136.38	108	38	70	90	50	2.74	5
7.8-13b	36.88	136.20	108	38	80	90	50	2.74	5
7.8-13c	36.99	136.08	108	38	90	90	50	2.74	5
7.8-13d	37.14	135.89	108	38	100	90	50	2.74	5
7.8-13e	37.27	135.74	108	38	110	90	50	2.74	5

7.8-14a	37.08	136.85	108	38	70	90	50	2.74	5
7.8-14b	37.20	136.69	108	38	80	90	50	2.74	5
7.8-14c	37.33	136.53	108	38	90	90	50	2.74	5
7.8-14d	37.47	136.34	108	38	100	90	50	2.74	5
7.8-14e	37.60	136.20	108	38	110	90	50	2.74	5
7.8-15a	37.35	137.32	108	38	70	90	55	2.74	5
7.8-15b	37.49	137.17	108	38	80	90	55	2.74	5
7.8-15c	37.62	137.02	108	38	90	90	55	2.74	5
7.8-15d	37.78	136.83	108	38	100	90	55	2.74	5
7.8-15e	37.90	136.69	108	38	110	90	55	2.74	5
7.8-16a	37.64	137.88	108	38	70	90	53	2.74	5
7.8-16b	37.76	137.71	108	38	80	90	53	2.74	5
7.8-16c	37.87	137.56	108	38	90	90	53	2.74	5
7.8-16d	38.03	137.40	108	38	100	90	53	2.74	5
7.8-16e	38.16	137.26	108	38	110	90	53	2.74	5
7.8-17a	37.95	138.41	108	38	70	90	48	2.74	5
7.8-17b	38.07	138.24	108	38	80	90	48	2.74	5
7.8-17c	38.19	138.08	108	38	90	90	48	2.74	5
7.8-17d	38.33	137.89	108	38	100	90	48	2.74	5
7.8-17e	38.45	137.72	108	38	110	90	48	2.74	5
7.8-18a	38.33	138.83	108	38	70	90	38	2.74	5
7.8-18b	38.44	138.69	108	38	80	90	38	2.74	5
7.8-18c	38.55	138.52	108	38	90	90	38	2.74	5
7.8-18d	38.67	138.33	108	38	100	90	38	2.74	5
7.8-18e	38.77	138.15	108	38	110	90	38	2.74	5
7.8-19a	38.82	139.30	108	38	70	90	25	2.74	5
7.8-19b	38.88	139.10	108	38	80	90	25	2.74	5
7.8-19c	38.95	138.86	108	38	90	90	25	2.74	5
7.8-19d	39.02	138.63	108	38	100	90	25	2.74	5
7.8-19e	39.09	138.39	108	38	110	90	25	2.74	5
7.8-20a	39.33	139.53	108	38	70	90	13	2.74	5
7.8-20b	39.40	139.30	108	38	80	90	13	2.74	5
7.8-20c	39.43	139.04	108	38	90	90	13	2.74	5
7.8-20d	39.48	138.83	108	38	100	90	13	2.74	5
7.8-20e	39.52	138.60	108	38	110	90	13	2.74	5
7.8-21a	39.84	139.62	108	38	70	90	5	2.74	5
7.8-21b	39.87	139.38	108	38	80	90	5	2.74	5
7.8-21c	39.91	139.13	108	38	90	90	5	2.74	5
7.8-21d	39.95	138.90	108	38	100	90	5	2.74	5
7.8-21e	39.99	138.65	108	38	110	90	5	2.74	5
7.8-22a	40.42	139.65	108	38	70	90	0	2.74	5
7.8-22b	40.42	139.42	108	38	80	90	0	2.74	5
7.8-22c	40.42	139.19	108	38	90	90	0	2.74	5
7.8-22d	40.43	138.96	108	38	100	90	0	2.74	5
7.8-22e	40.43	138.71	108	38	110	90	0	2.74	5
7.8-23a	40.91	139.65	108	38	70	90	0	2.74	5
7.8-23b	40.91	139.41	108	38	80	90	0	2.74	5
7.8-23c	40.92	139.15	108	38	90	90	0	2.74	5

7.8-23d	40.93	138.89	108	38	100	90	0	2.74	5
7.8-23e	40.94	138.68	108	38	110	90	0	2.74	5
7.8-24a	41.42	139.62	108	38	70	90	0	2.74	5
7.8-24b	41.41	139.39	108	38	80	90	0	2.74	5
7.8-24c	41.41	139.13	108	38	90	90	0	2.74	5
7.8-24d	41.41	138.87	108	38	100	90	0	2.74	5
7.8-24e	41.40	138.63	108	38	110	90	0	2.74	5
7.8-25a	41.88	139.63	108	38	70	90	0	2.74	5
7.8-25b	41.88	139.38	108	38	80	90	0	2.74	5
7.8-25c	41.91	139.16	108	38	90	90	0	2.74	5
7.8-25d	41.91	138.89	108	38	100	90	0	2.74	5
7.8-25e	41.92	138.63	108	38	110	90	0	2.74	5
7.8-26a	42.38	139.65	108	38	70	90	3	2.74	5
7.8-26b	42.39	139.42	108	38	80	90	3	2.74	5
7.8-26c	42.40	139.17	108	38	90	90	3	2.74	5
7.8-26d	42.42	138.93	108	38	100	90	3	2.74	5
7.8-26e	42.43	138.64	108	38	110	90	3	2.74	5
7.8-27a	42.84	139.69	108	38	70	90	9	2.74	5
7.8-27b	42.86	139.46	108	38	80	90	9	2.74	5
7.8-27c	42.87	139.23	108	38	90	90	9	2.74	5
7.8-27d	42.89	138.98	108	38	100	90	9	2.74	5
7.8-27e	42.90	138.75	108	38	110	90	9	2.74	5
7.8-28a	43.35	139.84	108	38	70	90	11	2.74	5
7.8-28b	43.38	139.58	108	38	80	90	11	2.74	5
7.8-28c	43.38	139.35	108	38	90	90	11	2.74	5
7.8-28d	43.41	139.11	108	38	100	90	11	2.74	5
7.8-28e	43.43	138.85	108	38	110	90	11	2.74	5
7.8-29a	43.80	139.98	108	38	70	90	15	2.74	5
7.8-29b	43.84	139.75	108	38	80	90	15	2.74	5
7.8-29c	43.88	139.49	108	38	90	90	15	2.74	5
7.8-29d	43.92	139.24	108	38	100	90	15	2.74	5
7.8-29e	43.95	138.98	108	38	110	90	15	2.74	5
7.8-30a	44.28	140.16	108	38	70	90	17	2.74	5
7.8-30b	44.34	139.91	108	38	80	90	17	2.74	5
7.8-30c	44.37	139.67	108	38	90	90	17	2.74	5
7.8-30d	44.41	139.41	108	38	100	90	17	2.74	5
7.8-30e	44.47	139.12	108	38	110	90	17	2.74	5
7.8-31a	44.73	140.37	108	38	70	90	20	2.74	5
7.8-31b	44.78	140.12	108	38	80	90	20	2.74	5
7.8-31c	44.83	139.87	108	38	90	90	20	2.74	5
7.8-31d	44.88	139.62	108	38	100	90	20	2.74	5
7.8-31e	44.93	139.38	108	38	110	90	20	2.74	5
7.8-32a	45.17	140.60	108	38	70	90	25	2.74	5
7.8-32b	45.26	140.35	108	38	80	90	25	2.74	5
7.8-32c	45.32	140.10	108	38	90	90	25	2.74	5
7.8-32d	45.40	139.87	108	38	100	90	25	2.74	5
7.8-32e	45.48	139.65	108	38	110	90	25	2.74	5
7.8-33a	45.60	140.94	108	38	70	90	25	2.74	5

7.8-33b	45.66	140.70	108	38	80	90	25	2.74	5
7.8-33c	45.73	140.45	108	38	90	90	25	2.74	5
7.8-33d	45.82	140.21	108	38	100	90	25	2.74	5
7.8-33e	45.88	139.98	108	38	110	90	25	2.74	5
7.8-34a	46.08	141.23	108	38	70	90	22	2.74	5
7.8-34b	46.16	140.98	108	38	80	90	22	2.74	5
7.8-34c	46.22	140.71	108	38	90	90	22	2.74	5
7.8-34d	46.30	140.45	108	38	100	90	22	2.74	5
7.8-34e	46.36	140.19	108	38	110	90	22	2.74	5
7.8-35a	46.61	141.49	108	38	70	90	20	2.74	5
7.8-35b	46.65	141.24	108	38	80	90	20	2.74	5
7.8-35c	46.69	141.00	108	38	90	90	20	2.74	5
7.8-35d	46.74	140.75	108	38	100	90	20	2.74	5
7.8-35e	46.79	140.48	108	38	110	90	20	2.74	5
7.8-36a	47.07	141.74	108	38	70	90	15	2.74	5
7.8-36b	47.11	141.49	108	38	80	90	15	2.74	5
7.8-36c	47.14	141.23	108	38	90	90	15	2.74	5
7.8-36d	47.18	140.95	108	38	100	90	15	2.74	5
7.8-36e	47.21	140.67	108	38	110	90	15	2.74	5
7.8-37a	47.59	141.89	108	38	70	90	10	2.74	5
7.8-37b	47.61	141.64	108	38	80	90	10	2.74	5
7.8-37c	47.63	141.38	108	38	90	90	10	2.74	5
7.8-37d	47.66	141.09	108	38	100	90	10	2.74	5
7.8-37e	47.68	140.81	108	38	110	90	10	2.74	5
7.8-38a	48.10	142.00	108	38	70	90	8	2.74	5
7.8-38b	48.13	141.77	108	38	80	90	8	2.74	5
7.8-38c	48.16	141.49	108	38	90	90	8	2.74	5
7.8-38d	48.18	141.20	108	38	100	90	8	2.74	5
7.8-38e	48.21	140.91	108	38	110	90	8	2.74	5
7.8-39a	48.61	142.15	108	38	70	90	6	2.74	5
7.8-39b	48.62	141.89	108	38	80	90	6	2.74	5
7.8-39c	48.64	141.61	108	38	90	90	6	2.74	5
7.8-39d	48.66	141.31	108	38	100	90	6	2.74	5
7.8-39e	48.68	141.03	108	38	110	90	6	2.74	5
7.8-40a	49.15	142.23	108	38	70	90	5	2.74	5
7.8-40b	49.15	141.95	108	38	80	90	5	2.74	5
7.8-40c	49.15	141.69	108	38	90	90	5	2.74	5
7.8-40d	49.17	141.38	108	38	100	90	5	2.74	5
7.8-40e	49.17	141.14	108	38	110	90	5	2.74	5
7.8-41a	49.63	142.37	108	38	70	90	4	2.74	5
7.8-41b	49.65	142.07	108	38	80	90	4	2.74	5
7.8-41c	49.66	141.80	108	38	90	90	4	2.74	5
7.8-41d	49.68	141.55	108	38	100	90	4	2.74	5
7.8-41e	49.70	141.26	108	38	110	90	4	2.74	5
7.8-42a	50.16	142.40	108	38	70	90	4	2.74	5
7.8-42b	50.18	142.16	108	38	80	90	4	2.74	5
7.8-42c	50.19	141.89	108	38	90	90	4	2.74	5
7.8-42d	50.21	141.60	108	38	100	90	4	2.74	5

7.8-42e	50.24	141.28	108	38	110	90	4	2.74	5
7.8-43a	50.70	142.53	108	38	70	90	4	2.74	5
7.8-43b	50.70	142.27	108	38	80	90	4	2.74	5
7.8-43c	50.71	141.96	108	38	90	90	4	2.74	5
7.8-43d	50.72	141.67	108	38	100	90	4	2.74	5
7.8-43e	50.72	141.36	108	38	110	90	4	2.74	5
7.8-44a	51.21	142.51	108	38	70	90	3	2.74	5
7.8-44b	51.21	142.25	108	38	80	90	3	2.74	5
7.8-44c	51.21	141.95	108	38	90	90	3	2.74	5
7.8-44d	51.21	141.64	108	38	100	90	3	2.74	5
7.8-44e	51.21	141.35	108	38	110	90	3	2.74	5
7.8-45a	51.63	142.57	108	38	70	90	2	2.74	5
7.8-45b	51.64	142.28	108	38	80	90	2	2.74	5
7.8-45c	51.64	142.00	108	38	90	90	2	2.74	5
7.8-45d	51.65	141.72	108	38	100	90	2	2.74	5
7.8-45e	51.66	141.41	108	38	110	90	2	2.74	5

3.4 Источники с магнитудой $M_w = 8.1$

Таблица 4. Параметры механизмов очагов совокупности модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 8.1$: 1 столбец – индекс очага; 2,3 – географические координаты центров нижних краев площадок разрывов (северная широта, восточная долгота); 4,5 – длина (L) и ширина (W) площадки в плоскости разлома; 6 – 8 – характерные углы; 9 – D_0 – величина подвижки по плоскости разлома; 10 – H_{top} – глубина верхнего края разрыва.

	Latitude, grad, N	Longitude, grad, E	L , km	W , km	δ , grad	λ , grad	θ , grad	D_0 , m	H_{top} , km
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.1-1a	33.78	130.12	150	52	70	90	45	5.1	5
8.1-1b	33.92	129.97	150	52	80	90	45	5.1	5
8.1-1c	34.04	129.80	150	52	90	90	45	5.1	5
8.1-1d	34.17	129.63	150	52	100	90	45	5.1	5
8.1-1e	34.31	129.46	150	52	110	90	45	5.1	5
8.1-2a	34.15	130.55	150	52	70	90	48	5.1	5
8.1-2b	34.25	130.41	150	52	80	90	48	5.1	5
8.1-2c	34.38	130.26	150	52	90	90	48	5.1	5
8.1-2d	34.50	130.09	150	52	100	90	48	5.1	5
8.1-2e	34.62	129.93	150	52	110	90	48	5.1	5
8.1-3a	34.44	131.01	150	52	70	90	51	5.1	5
8.1-3b	34.57	130.85	150	52	80	90	51	5.1	5
8.1-3c	34.71	130.71	150	52	90	90	51	5.1	5
8.1-3d	34.86	130.52	150	52	100	90	51	5.1	5
8.1-3e	35.00	130.38	150	52	110	90	51	5.1	5
8.1-4a	34.74	131.48	150	52	70	90	52	5.1	5
8.1-4b	34.89	131.34	150	52	80	90	52	5.1	5
8.1-4c	35.02	131.19	150	52	90	90	52	5.1	5
8.1-4d	35.15	131.04	150	52	100	90	52	5.1	5
8.1-4e	35.29	130.86	150	52	110	90	52	5.1	5
8.1-5a	35.05	131.95	150	52	70	90	55	5.1	5
8.1-5b	35.20	131.81	150	52	80	90	55	5.1	5

8.1-5c	35.33	131.67	150	52	90	90	55	5.1	5
8.1-5d	35.48	131.50	150	52	100	90	55	5.1	5
8.1-5e	35.62	131.35	150	52	110	90	55	5.1	5
8.1-6a	35.29	132.49	150	52	70	90	60	5.1	5
8.1-6b	35.45	132.33	150	52	80	90	60	5.1	5
8.1-6c	35.57	132.21	150	52	90	90	60	5.1	5
8.1-6d	35.72	132.08	150	52	100	90	60	5.1	5
8.1-6e	35.87	131.93	150	52	110	90	60	5.1	5
8.1-7a	35.46	132.95	150	52	70	90	65	5.1	5
8.1-7b	35.63	132.84	150	52	80	90	65	5.1	5
8.1-7c	35.76	132.75	150	52	90	90	65	5.1	5
8.1-7d	35.92	132.66	150	52	100	90	65	5.1	5
8.1-7e	36.09	132.55	150	52	110	90	65	5.1	5
8.1-8a	35.60	133.50	150	52	70	90	70	5.1	5
8.1-8b	35.76	133.41	150	52	80	90	70	5.1	5
8.1-8c	35.91	133.33	150	52	90	90	70	5.1	5
8.1-8d	36.08	133.20	150	52	100	90	70	5.1	5
8.1-8e	36.25	133.11	150	52	110	90	70	5.1	5
8.1-9a	35.74	134.10	150	52	70	90	68	5.1	5
8.1-9b	35.88	134.01	150	52	80	90	68	5.1	5
8.1-9c	36.03	133.90	150	52	90	90	68	5.1	5
8.1-9d	36.20	133.80	150	52	100	90	68	5.1	5
8.1-9e	36.39	133.69	150	52	110	90	68	5.1	5
8.1-10a	35.93	134.75	150	52	70	90	65	5.1	5
8.1-10b	36.09	134.63	150	52	80	90	65	5.1	5
8.1-10c	36.23	134.50	150	52	90	90	65	5.1	5
8.1-10d	36.39	134.37	150	52	100	90	65	5.1	5
8.1-10e	36.55	134.25	150	52	110	90	65	5.1	5
8.1-11a	36.12	135.30	150	52	70	90	58	5.1	5
8.1-11b	36.27	135.16	150	52	80	90	58	5.1	5
8.1-11c	36.42	135.06	150	52	90	90	58	5.1	5
8.1-11d	36.60	134.89	150	52	100	90	58	5.1	5
8.1-11e	36.76	134.75	150	52	110	90	58	5.1	5
8.1-12a	36.43	135.84	150	52	70	90	55	5.1	5
8.1-12b	36.55	135.67	150	52	80	90	55	5.1	5
8.1-12c	36.70	135.55	150	52	90	90	55	5.1	5
8.1-12d	36.84	135.36	150	52	100	90	55	5.1	5
8.1-12e	37.00	135.25	150	52	110	90	55	5.1	5
8.1-13a	36.75	136.38	150	52	70	90	50	5.1	5
8.1-13b	36.88	136.20	150	52	80	90	50	5.1	5
8.1-13c	36.99	136.08	150	52	90	90	50	5.1	5
8.1-13d	37.14	135.89	150	52	100	90	50	5.1	5
8.1-13e	37.27	135.74	150	52	110	90	50	5.1	5
8.1-14a	37.08	136.85	150	52	70	90	50	5.1	5
8.1-14b	37.20	136.69	150	52	80	90	50	5.1	5
8.1-14c	37.33	136.53	150	52	90	90	50	5.1	5
8.1-14d	37.47	136.34	150	52	100	90	50	5.1	5
8.1-14e	37.60	136.20	150	52	110	90	50	5.1	5

8.1-15a	37.35	137.32	150	52	70	90	55	5.1	5
8.1-15b	37.49	137.17	150	52	80	90	55	5.1	5
8.1-15c	37.62	137.02	150	52	90	90	55	5.1	5
8.1-15d	37.78	136.83	150	52	100	90	55	5.1	5
8.1-15e	37.90	136.69	150	52	110	90	55	5.1	5
8.1-16a	37.64	137.88	150	52	70	90	53	5.1	5
8.1-16b	37.76	137.71	150	52	80	90	53	5.1	5
8.1-16c	37.87	137.56	150	52	90	90	53	5.1	5
8.1-16d	38.03	137.40	150	52	100	90	53	5.1	5
8.1-16e	38.16	137.26	150	52	110	90	53	5.1	5
8.1-17a	37.95	138.41	150	52	70	90	48	5.1	5
8.1-17b	38.07	138.24	150	52	80	90	48	5.1	5
8.1-17c	38.19	138.08	150	52	90	90	48	5.1	5
8.1-17d	38.33	137.89	150	52	100	90	48	5.1	5
8.1-17e	38.45	137.72	150	52	110	90	48	5.1	5
8.1-18a	38.33	138.83	150	52	70	90	38	5.1	5
8.1-18b	38.44	138.69	150	52	80	90	38	5.1	5
8.1-18c	38.55	138.52	150	52	90	90	38	5.1	5
8.1-18d	38.67	138.33	150	52	100	90	38	5.1	5
8.1-18e	38.77	138.15	150	52	110	90	38	5.1	5
8.1-19a	38.82	139.30	150	52	70	90	25	5.1	5
8.1-19b	38.88	139.10	150	52	80	90	25	5.1	5
8.1-19c	38.95	138.86	150	52	90	90	25	5.1	5
8.1-19d	39.02	138.63	150	52	100	90	25	5.1	5
8.1-19e	39.09	138.39	150	52	110	90	25	5.1	5
8.1-20a	39.33	139.53	150	52	70	90	13	5.1	5
8.1-20b	39.40	139.30	150	52	80	90	13	5.1	5
8.1-20c	39.43	139.04	150	52	90	90	13	5.1	5
8.1-20d	39.48	138.83	150	52	100	90	13	5.1	5
8.1-20e	39.52	138.60	150	52	110	90	13	5.1	5
8.1-21a	39.84	139.62	150	52	70	90	5	5.1	5
8.1-21b	39.87	139.38	150	52	80	90	5	5.1	5
8.1-21c	39.91	139.13	150	52	90	90	5	5.1	5
8.1-21d	39.95	138.90	150	52	100	90	5	5.1	5
8.1-21e	39.99	138.65	150	52	110	90	5	5.1	5
8.1-22a	40.42	139.65	150	52	70	90	0	5.1	5
8.1-22b	40.42	139.42	150	52	80	90	0	5.1	5
8.1-22c	40.42	139.19	150	52	90	90	0	5.1	5
8.1-22d	40.43	138.96	150	52	100	90	0	5.1	5
8.1-22e	40.43	138.71	150	52	110	90	0	5.1	5
8.1-23a	40.91	139.65	150	52	70	90	0	5.1	5
8.1-23b	40.91	139.41	150	52	80	90	0	5.1	5
8.1-23c	40.92	139.15	150	52	90	90	0	5.1	5
8.1-23d	40.93	138.89	150	52	100	90	0	5.1	5
8.1-23e	40.94	138.68	150	52	110	90	0	5.1	5
8.1-24a	41.42	139.62	150	52	70	90	0	5.1	5
8.1-24b	41.41	139.39	150	52	80	90	0	5.1	5
8.1-24c	41.41	139.13	150	52	90	90	0	5.1	5

8.1-24d	41.41	138.87	150	52	100	90	0	5.1	5
8.1-24e	41.40	138.63	150	52	110	90	0	5.1	5
8.1-25a	41.88	139.63	150	52	70	90	0	5.1	5
8.1-25b	41.88	139.38	150	52	80	90	0	5.1	5
8.1-25c	41.91	139.16	150	52	90	90	0	5.1	5
8.1-25d	41.91	138.89	150	52	100	90	0	5.1	5
8.1-25e	41.92	138.63	150	52	110	90	0	5.1	5
8.1-26a	42.38	139.65	150	52	70	90	3	5.1	5
8.1-26b	42.39	139.42	150	52	80	90	3	5.1	5
8.1-26c	42.40	139.17	150	52	90	90	3	5.1	5
8.1-26d	42.42	138.93	150	52	100	90	3	5.1	5
8.1-26e	42.43	138.64	150	52	110	90	3	5.1	5
8.1-27a	42.84	139.69	150	52	70	90	9	5.1	5
8.1-27b	42.86	139.46	150	52	80	90	9	5.1	5
8.1-27c	42.87	139.23	150	52	90	90	9	5.1	5
8.1-27d	42.89	138.98	150	52	100	90	9	5.1	5
8.1-27e	42.90	138.75	150	52	110	90	9	5.1	5
8.1-28a	43.35	139.84	150	52	70	90	11	5.1	5
8.1-28b	43.38	139.58	150	52	80	90	11	5.1	5
8.1-28c	43.38	139.35	150	52	90	90	11	5.1	5
8.1-28d	43.41	139.11	150	52	100	90	11	5.1	5
8.1-28e	43.43	138.85	150	52	110	90	11	5.1	5
8.1-29a	43.80	139.98	150	52	70	90	15	5.1	5
8.1-29b	43.84	139.75	150	52	80	90	15	5.1	5
8.1-29c	43.88	139.49	150	52	90	90	15	5.1	5
8.1-29d	43.92	139.24	150	52	100	90	15	5.1	5
8.1-29e	43.95	138.98	150	52	110	90	15	5.1	5
8.1-30a	44.28	140.16	150	52	70	90	17	5.1	5
8.1-30b	44.34	139.91	150	52	80	90	17	5.1	5
8.1-30c	44.37	139.67	150	52	90	90	17	5.1	5
8.1-30d	44.41	139.41	150	52	100	90	17	5.1	5
8.1-30e	44.47	139.12	150	52	110	90	17	5.1	5
8.1-31a	44.73	140.37	150	52	70	90	20	5.1	5
8.1-31b	44.78	140.12	150	52	80	90	20	5.1	5
8.1-31c	44.83	139.87	150	52	90	90	20	5.1	5
8.1-31d	44.88	139.62	150	52	100	90	20	5.1	5
8.1-31e	44.93	139.38	150	52	110	90	20	5.1	5
8.1-32a	45.17	140.60	150	52	70	90	25	5.1	5
8.1-32b	45.26	140.35	150	52	80	90	25	5.1	5
8.1-32c	45.32	140.10	150	52	90	90	25	5.1	5
8.1-32d	45.40	139.87	150	52	100	90	25	5.1	5
8.1-32e	45.48	139.65	150	52	110	90	25	5.1	5
8.1-33a	45.60	140.94	150	52	70	90	25	5.1	5
8.1-33b	45.66	140.70	150	52	80	90	25	5.1	5
8.1-33c	45.73	140.45	150	52	90	90	25	5.1	5
8.1-33d	45.82	140.21	150	52	100	90	25	5.1	5
8.1-33e	45.88	139.98	150	52	110	90	25	5.1	5
8.1-34a	46.08	141.23	150	52	70	90	22	5.1	5

8.1-34b	46.16	140.98	150	52	80	90	22	5.1	5
8.1-34c	46.22	140.71	150	52	90	90	22	5.1	5
8.1-34d	46.30	140.45	150	52	100	90	22	5.1	5
8.1-34e	46.36	140.19	150	52	110	90	22	5.1	5
8.1-35a	46.61	141.49	150	52	70	90	20	5.1	5
8.1-35b	46.65	141.24	150	52	80	90	20	5.1	5
8.1-35c	46.69	141.00	150	52	90	90	20	5.1	5
8.1-35d	46.74	140.75	150	52	100	90	20	5.1	5
8.1-35e	46.79	140.48	150	52	110	90	20	5.1	5
8.1-36a	47.07	141.74	150	52	70	90	15	5.1	5
8.1-36b	47.11	141.49	150	52	80	90	15	5.1	5
8.1-36c	47.14	141.23	150	52	90	90	15	5.1	5
8.1-36d	47.18	140.95	150	52	100	90	15	5.1	5
8.1-36e	47.21	140.67	150	52	110	90	15	5.1	5
8.1-37a	47.59	141.89	150	52	70	90	10	5.1	5
8.1-37b	47.61	141.64	150	52	80	90	10	5.1	5
8.1-37c	47.63	141.38	150	52	90	90	10	5.1	5
8.1-37d	47.66	141.09	150	52	100	90	10	5.1	5
8.1-37e	47.68	140.81	150	52	110	90	10	5.1	5
8.1-38a	48.10	142.00	150	52	70	90	8	5.1	5
8.1-38b	48.13	141.77	150	52	80	90	8	5.1	5
8.1-38c	48.16	141.49	150	52	90	90	8	5.1	5
8.1-38d	48.18	141.20	150	52	100	90	8	5.1	5
8.1-38e	48.21	140.91	150	52	110	90	8	5.1	5
8.1-39a	48.61	142.15	150	52	70	90	6	5.1	5
8.1-39b	48.62	141.89	150	52	80	90	6	5.1	5
8.1-39c	48.64	141.61	150	52	90	90	6	5.1	5
8.1-39d	48.66	141.31	150	52	100	90	6	5.1	5
8.1-39e	48.68	141.03	150	52	110	90	6	5.1	5
8.1-40a	49.15	142.23	150	52	70	90	5	5.1	5
8.1-40b	49.15	141.95	150	52	80	90	5	5.1	5
8.1-40c	49.15	141.69	150	52	90	90	5	5.1	5
8.1-40d	49.17	141.38	150	52	100	90	5	5.1	5
8.1-40e	49.17	141.14	150	52	110	90	5	5.1	5
8.1-41a	49.63	142.37	150	52	70	90	4	5.1	5
8.1-41b	49.65	142.07	150	52	80	90	4	5.1	5
8.1-41c	49.66	141.80	150	52	90	90	4	5.1	5
8.1-41d	49.68	141.55	150	52	100	90	4	5.1	5
8.1-41e	49.70	141.26	150	52	110	90	4	5.1	5
8.1-42a	50.16	142.40	150	52	70	90	4	5.1	5
8.1-42b	50.18	142.16	150	52	80	90	4	5.1	5
8.1-42c	50.19	141.89	150	52	90	90	4	5.1	5
8.1-42d	50.21	141.60	150	52	100	90	4	5.1	5
8.1-42e	50.24	141.28	150	52	110	90	4	5.1	5
8.1-43a	50.70	142.53	150	52	70	90	4	5.1	5
8.1-43b	50.70	142.27	150	52	80	90	4	5.1	5
8.1-43c	50.71	141.96	150	52	90	90	4	5.1	5
8.1-43d	50.72	141.67	150	52	100	90	4	5.1	5

8.1-43e	50.72	141.36	150	52	110	90	4	5.1	5
8.1-44a	51.21	142.51	150	52	70	90	3	5.1	5
8.1-44b	51.21	142.25	150	52	80	90	3	5.1	5
8.1-44c	51.21	141.95	150	52	90	90	3	5.1	5
8.1-44d	51.21	141.64	150	52	100	90	3	5.1	5
8.1-44e	51.21	141.35	150	52	110	90	3	5.1	5
8.1-45a	51.63	142.57	150	52	70	90	2	5.1	5
8.1-45b	51.64	142.28	150	52	80	90	2	5.1	5
8.1-45c	51.64	142.00	150	52	90	90	2	5.1	5
8.1-45d	51.65	141.72	150	52	100	90	2	5.1	5
8.1-45e	51.66	141.41	150	52	110	90	2	5.1	5

3.5 Источники с магнитудой $M_w = 8.4$

Таблица 5. Параметры механизмов очагов совокупности модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 8.4$: 1 столбец – индекс очага; 2,3 – географические координаты центров нижних краев площадок разрывов (северная широта, восточная долгота); 4,5 – длина (L) и ширина (W) площадки в плоскости разлома; 6 – 8 – характерные углы; 9 – D_0 – величина подвижки по плоскости разлома; 10 – H_{top} – глубина верхнего края разрыва.

	Latitude, grad, N	Longitude, grad, E	L , km	W , km	δ , grad	λ , grad	θ , grad	D_0 , m	H_{top} , km
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.4-1a	33.78	130.12	215	75	70	90	45	5.5	5
8.4-1b	33.92	129.97	215	75	80	90	45	5.5	5
8.4-1c	34.04	129.80	215	75	90	90	45	5.5	5
8.4-1d	34.17	129.63	215	75	100	90	45	5.5	5
8.4-1e	34.31	129.46	215	75	110	90	45	5.5	5
8.4-2a	34.15	130.55	215	75	70	90	48	5.5	5
8.4-2b	34.25	130.41	215	75	80	90	48	5.5	5
8.4-2c	34.38	130.26	215	75	90	90	48	5.5	5
8.4-2d	34.50	130.09	215	75	100	90	48	5.5	5
8.4-2e	34.62	129.93	215	75	110	90	48	5.5	5
8.4-3a	34.44	131.01	215	75	70	90	51	5.5	5
8.4-3b	34.57	130.85	215	75	80	90	51	5.5	5
8.4-3c	34.71	130.71	215	75	90	90	51	5.5	5
8.4-3d	34.86	130.52	215	75	100	90	51	5.5	5
8.4-3e	35.00	130.38	215	75	110	90	51	5.5	5
8.4-4a	34.74	131.48	215	75	70	90	52	5.5	5
8.4-4b	34.89	131.34	215	75	80	90	52	5.5	5
8.4-4c	35.02	131.19	215	75	90	90	52	5.5	5
8.4-4d	35.15	131.04	215	75	100	90	52	5.5	5
8.4-4e	35.29	130.86	215	75	110	90	52	5.5	5
8.4-5a	35.05	131.95	215	75	70	90	55	5.5	5
8.4-5b	35.20	131.81	215	75	80	90	55	5.5	5
8.4-5c	35.33	131.67	215	75	90	90	55	5.5	5
8.4-5d	35.48	131.50	215	75	100	90	55	5.5	5
8.4-5e	35.62	131.35	215	75	110	90	55	5.5	5
8.4-6a	35.29	132.49	215	75	70	90	60	5.5	5
8.4-6b	35.45	132.33	215	75	80	90	60	5.5	5

8.4-6c	35.57	132.21	215	75	90	90	60	5.5	5
8.4-6d	35.72	132.08	215	75	100	90	60	5.5	5
8.4-6e	35.87	131.93	215	75	110	90	60	5.5	5
8.4-7a	35.46	132.95	215	75	70	90	65	5.5	5
8.4-7b	35.63	132.84	215	75	80	90	65	5.5	5
8.4-7c	35.76	132.75	215	75	90	90	65	5.5	5
8.4-7d	35.92	132.66	215	75	100	90	65	5.5	5
8.4-7e	36.09	132.55	215	75	110	90	65	5.5	5
8.4-8a	35.60	133.50	215	75	70	90	70	5.5	5
8.4-8b	35.76	133.41	215	75	80	90	70	5.5	5
8.4-8c	35.91	133.33	215	75	90	90	70	5.5	5
8.4-8d	36.08	133.20	215	75	100	90	70	5.5	5
8.4-8e	36.25	133.11	215	75	110	90	70	5.5	5
8.4-9a	35.74	134.10	215	75	70	90	68	5.5	5
8.4-9b	35.88	134.01	215	75	80	90	68	5.5	5
8.4-9c	36.03	133.90	215	75	90	90	68	5.5	5
8.4-9d	36.20	133.80	215	75	100	90	68	5.5	5
8.4-9e	36.39	133.69	215	75	110	90	68	5.5	5
8.4-10a	35.93	134.75	215	75	70	90	65	5.5	5
8.4-10b	36.09	134.63	215	75	80	90	65	5.5	5
8.4-10c	36.23	134.50	215	75	90	90	65	5.5	5
8.4-10d	36.39	134.37	215	75	100	90	65	5.5	5
8.4-10e	36.55	134.25	215	75	110	90	65	5.5	5
8.4-11a	36.12	135.30	215	75	70	90	58	5.5	5
8.4-11b	36.27	135.16	215	75	80	90	58	5.5	5
8.4-11c	36.42	135.06	215	75	90	90	58	5.5	5
8.4-11d	36.60	134.89	215	75	100	90	58	5.5	5
8.4-11e	36.76	134.75	215	75	110	90	58	5.5	5
8.4-12a	36.43	135.84	215	75	70	90	55	5.5	5
8.4-12b	36.55	135.67	215	75	80	90	55	5.5	5
8.4-12c	36.70	135.55	215	75	90	90	55	5.5	5
8.4-12d	36.84	135.36	215	75	100	90	55	5.5	5
8.4-12e	37.00	135.25	215	75	110	90	55	5.5	5
8.4-13a	36.75	136.38	215	75	70	90	50	5.5	5
8.4-13b	36.88	136.20	215	75	80	90	50	5.5	5
8.4-13c	36.99	136.08	215	75	90	90	50	5.5	5
8.4-13d	37.14	135.89	215	75	100	90	50	5.5	5
8.4-13e	37.27	135.74	215	75	110	90	50	5.5	5
8.4-14a	37.08	136.85	215	75	70	90	50	5.5	5
8.4-14b	37.20	136.69	215	75	80	90	50	5.5	5
8.4-14c	37.33	136.53	215	75	90	90	50	5.5	5
8.4-14d	37.47	136.34	215	75	100	90	50	5.5	5
8.4-14e	37.60	136.20	215	75	110	90	50	5.5	5
8.4-15a	37.35	137.32	215	75	70	90	55	5.5	5
8.4-15b	37.49	137.17	215	75	80	90	55	5.5	5
8.4-15c	37.62	137.02	215	75	90	90	55	5.5	5
8.4-15d	37.78	136.83	215	75	100	90	55	5.5	5
8.4-15e	37.90	136.69	215	75	110	90	55	5.5	5

8.4-16a	37.64	137.88	215	75	70	90	53	5.5	5
8.4-16b	37.76	137.71	215	75	80	90	53	5.5	5
8.4-16c	37.87	137.56	215	75	90	90	53	5.5	5
8.4-16d	38.03	137.40	215	75	100	90	53	5.5	5
8.4-16e	38.16	137.26	215	75	110	90	53	5.5	5
8.4-17a	37.95	138.41	215	75	70	90	48	5.5	5
8.4-17b	38.07	138.24	215	75	80	90	48	5.5	5
8.4-17c	38.19	138.08	215	75	90	90	48	5.5	5
8.4-17d	38.33	137.89	215	75	100	90	48	5.5	5
8.4-17e	38.45	137.72	215	75	110	90	48	5.5	5
8.4-18a	38.33	138.83	215	75	70	90	38	5.5	5
8.4-18b	38.44	138.69	215	75	80	90	38	5.5	5
8.4-18c	38.55	138.52	215	75	90	90	38	5.5	5
8.4-18d	38.67	138.33	215	75	100	90	38	5.5	5
8.4-18e	38.77	138.15	215	75	110	90	38	5.5	5
8.4-19a	38.82	139.30	215	75	70	90	25	5.5	5
8.4-19b	38.88	139.10	215	75	80	90	25	5.5	5
8.4-19c	38.95	138.86	215	75	90	90	25	5.5	5
8.4-19d	39.02	138.63	215	75	100	90	25	5.5	5
8.4-19e	39.09	138.39	215	75	110	90	25	5.5	5
8.4-20a	39.33	139.53	215	75	70	90	13	5.5	5
8.4-20b	39.40	139.30	215	75	80	90	13	5.5	5
8.4-20c	39.43	139.04	215	75	90	90	13	5.5	5
8.4-20d	39.48	138.83	215	75	100	90	13	5.5	5
8.4-20e	39.52	138.60	215	75	110	90	13	5.5	5
8.4-21a	39.84	139.62	215	75	70	90	5	5.5	5
8.4-21b	39.87	139.38	215	75	80	90	5	5.5	5
8.4-21c	39.91	139.13	215	75	90	90	5	5.5	5
8.4-21d	39.95	138.90	215	75	100	90	5	5.5	5
8.4-21e	39.99	138.65	215	75	110	90	5	5.5	5
8.4-22a	40.42	139.65	215	75	70	90	0	5.5	5
8.4-22b	40.42	139.42	215	75	80	90	0	5.5	5
8.4-22c	40.42	139.19	215	75	90	90	0	5.5	5
8.4-22d	40.43	138.96	215	75	100	90	0	5.5	5
8.4-22e	40.43	138.71	215	75	110	90	0	5.5	5
8.4-23a	40.91	139.65	215	75	70	90	0	5.5	5
8.4-23b	40.91	139.41	215	75	80	90	0	5.5	5
8.4-23c	40.92	139.15	215	75	90	90	0	5.5	5
8.4-23d	40.93	138.89	215	75	100	90	0	5.5	5
8.4-23e	40.94	138.68	215	75	110	90	0	5.5	5
8.4-24a	41.42	139.62	215	75	70	90	0	5.5	5
8.4-24b	41.41	139.39	215	75	80	90	0	5.5	5
8.4-24c	41.41	139.13	215	75	90	90	0	5.5	5
8.4-24d	41.41	138.87	215	75	100	90	0	5.5	5
8.4-24e	41.40	138.63	215	75	110	90	0	5.5	5
8.4-25a	41.88	139.63	215	75	70	90	0	5.5	5
8.4-25b	41.88	139.38	215	75	80	90	0	5.5	5
8.4-25c	41.91	139.16	215	75	90	90	0	5.5	5

8.4-25d	41.91	138.89	215	75	100	90	0	5.5	5
8.4-25e	41.92	138.63	215	75	110	90	0	5.5	5
8.4-26a	42.38	139.65	215	75	70	90	3	5.5	5
8.4-26b	42.39	139.42	215	75	80	90	3	5.5	5
8.4-26c	42.40	139.17	215	75	90	90	3	5.5	5
8.4-26d	42.42	138.93	215	75	100	90	3	5.5	5
8.4-26e	42.43	138.64	215	75	110	90	3	5.5	5
8.4-27a	42.84	139.69	215	75	70	90	9	5.5	5
8.4-27b	42.86	139.46	215	75	80	90	9	5.5	5
8.4-27c	42.87	139.23	215	75	90	90	9	5.5	5
8.4-27d	42.89	138.98	215	75	100	90	9	5.5	5
8.4-27e	42.90	138.75	215	75	110	90	9	5.5	5
8.4-28a	43.35	139.84	215	75	70	90	11	5.5	5
8.4-28b	43.38	139.58	215	75	80	90	11	5.5	5
8.4-28c	43.38	139.35	215	75	90	90	11	5.5	5
8.4-28d	43.41	139.11	215	75	100	90	11	5.5	5
8.4-28e	43.43	138.85	215	75	110	90	11	5.5	5
8.4-29a	43.80	139.98	215	75	70	90	15	5.5	5
8.4-29b	43.84	139.75	215	75	80	90	15	5.5	5
8.4-29c	43.88	139.49	215	75	90	90	15	5.5	5
8.4-29d	43.92	139.24	215	75	100	90	15	5.5	5
8.4-29e	43.95	138.98	215	75	110	90	15	5.5	5
8.4-30a	44.28	140.16	215	75	70	90	17	5.5	5
8.4-30b	44.34	139.91	215	75	80	90	17	5.5	5
8.4-30c	44.37	139.67	215	75	90	90	17	5.5	5
8.4-30d	44.41	139.41	215	75	100	90	17	5.5	5
8.4-30e	44.47	139.12	215	75	110	90	17	5.5	5
8.4-31a	44.73	140.37	215	75	70	90	20	5.5	5
8.4-31b	44.78	140.12	215	75	80	90	20	5.5	5
8.4-31c	44.83	139.87	215	75	90	90	20	5.5	5
8.4-31d	44.88	139.62	215	75	100	90	20	5.5	5
8.4-31e	44.93	139.38	215	75	110	90	20	5.5	5
8.4-32a	45.17	140.60	215	75	70	90	25	5.5	5
8.4-32b	45.26	140.35	215	75	80	90	25	5.5	5
8.4-32c	45.32	140.10	215	75	90	90	25	5.5	5
8.4-32d	45.40	139.87	215	75	100	90	25	5.5	5
8.4-32e	45.48	139.65	215	75	110	90	25	5.5	5
8.4-33a	45.60	140.94	215	75	70	90	25	5.5	5
8.4-33b	45.66	140.70	215	75	80	90	25	5.5	5
8.4-33c	45.73	140.45	215	75	90	90	25	5.5	5
8.4-33d	45.82	140.21	215	75	100	90	25	5.5	5
8.4-33e	45.88	139.98	215	75	110	90	25	5.5	5
8.4-34a	46.08	141.23	215	75	70	90	22	5.5	5
8.4-34b	46.16	140.98	215	75	80	90	22	5.5	5
8.4-34c	46.22	140.71	215	75	90	90	22	5.5	5
8.4-34d	46.30	140.45	215	75	100	90	22	5.5	5
8.4-34e	46.36	140.19	215	75	110	90	22	5.5	5
8.4-35a	46.61	141.49	215	75	70	90	20	5.5	5

8.4-35b	46.65	141.24	215	75	80	90	20	5.5	5
8.4-35c	46.69	141.00	215	75	90	90	20	5.5	5
8.4-35d	46.74	140.75	215	75	100	90	20	5.5	5
8.4-35e	46.79	140.48	215	75	110	90	20	5.5	5
8.4-36a	47.07	141.74	215	75	70	90	15	5.5	5
8.4-36b	47.11	141.49	215	75	80	90	15	5.5	5
8.4-36c	47.14	141.23	215	75	90	90	15	5.5	5
8.4-36d	47.18	140.95	215	75	100	90	15	5.5	5
8.4-36e	47.21	140.67	215	75	110	90	15	5.5	5
8.4-37a	47.59	141.89	215	75	70	90	10	5.5	5
8.4-37b	47.61	141.64	215	75	80	90	10	5.5	5
8.4-37c	47.63	141.38	215	75	90	90	10	5.5	5
8.4-37d	47.66	141.09	215	75	100	90	10	5.5	5
8.4-37e	47.68	140.81	215	75	110	90	10	5.5	5
8.4-38a	48.10	142.00	215	75	70	90	8	5.5	5
8.4-38b	48.13	141.77	215	75	80	90	8	5.5	5
8.4-38c	48.16	141.49	215	75	90	90	8	5.5	5
8.4-38d	48.18	141.20	215	75	100	90	8	5.5	5
8.4-38e	48.21	140.91	215	75	110	90	8	5.5	5
8.4-39a	48.61	142.15	215	75	70	90	6	5.5	5
8.4-39b	48.62	141.89	215	75	80	90	6	5.5	5
8.4-39c	48.64	141.61	215	75	90	90	6	5.5	5
8.4-39d	48.66	141.31	215	75	100	90	6	5.5	5
8.4-39e	48.68	141.03	215	75	110	90	6	5.5	5
8.4-40a	49.15	142.23	215	75	70	90	5	5.5	5
8.4-40b	49.15	141.95	215	75	80	90	5	5.5	5
8.4-40c	49.15	141.69	215	75	90	90	5	5.5	5
8.4-40d	49.17	141.38	215	75	100	90	5	5.5	5
8.4-40e	49.17	141.14	215	75	110	90	5	5.5	5
8.4-41a	49.63	142.37	215	75	70	90	4	5.5	5
8.4-41b	49.65	142.07	215	75	80	90	4	5.5	5
8.4-41c	49.66	141.80	215	75	90	90	4	5.5	5
8.4-41d	49.68	141.55	215	75	100	90	4	5.5	5
8.4-41e	49.70	141.26	215	75	110	90	4	5.5	5
8.4-42a	50.16	142.40	215	75	70	90	4	5.5	5
8.4-42b	50.18	142.16	215	75	80	90	4	5.5	5
8.4-42c	50.19	141.89	215	75	90	90	4	5.5	5
8.4-42d	50.21	141.60	215	75	100	90	4	5.5	5
8.4-42e	50.24	141.28	215	75	110	90	4	5.5	5
8.4-43a	50.70	142.53	215	75	70	90	4	5.5	5
8.4-43b	50.70	142.27	215	75	80	90	4	5.5	5
8.4-43c	50.71	141.96	215	75	90	90	4	5.5	5
8.4-43d	50.72	141.67	215	75	100	90	4	5.5	5
8.4-43e	50.72	141.36	215	75	110	90	4	5.5	5
8.4-44a	51.21	142.51	215	75	70	90	3	5.5	5
8.4-44b	51.21	142.25	215	75	80	90	3	5.5	5
8.4-44c	51.21	141.95	215	75	90	90	3	5.5	5
8.4-44d	51.21	141.64	215	75	100	90	3	5.5	5

8.4-44e	51.21	141.35	215	75	110	90	3	5.5	5
8.4-45a	51.63	142.57	215	75	70	90	2	5.5	5
8.4-45b	51.64	142.28	215	75	80	90	2	5.5	5
8.4-45c	51.64	142.00	215	75	90	90	2	5.5	5
8.4-45d	51.65	141.72	215	75	100	90	2	5.5	5
8.4-45e	51.66	141.41	215	75	110	90	2	5.5	5

4 Методика расчета характеристик трансформации волн цунами от зоны источника к побережью

Расчеты характеристик трансформации модельных волн цунами в ходе выполнения настоящей НИОКР проводились с использованием программной системы MGC [Чубаров и др., 2011], вычислительный модуль которой реализует конечно-разностный алгоритм, аналогичный двухшаговой схеме Мак-Кормака, аппроксимирующей нелинейные уравнения модели мелкой воды, записанные в географической системе координат и учитывающие воздействие сил Кориолиса и донного трения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \varphi} \left[\frac{\partial hu}{\partial \lambda} + \frac{\partial hv \cos \varphi}{\partial \varphi} \right] &= 0, \\ \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{R} \left[\frac{1}{2 \cos \varphi} \frac{\partial u^2}{\partial \lambda} + v \frac{\partial u}{\partial \varphi} + \frac{g}{\cos \varphi} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} \right] &= f_1, \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{R} \left[\frac{u}{\cos \varphi} \frac{\partial v}{\partial \lambda} + \frac{1}{2} \frac{\partial v^2}{\partial \varphi} + g \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} \right] &= f_2. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь R – средний радиус земли, φ – географическая широта, λ – географическая долгота, t – время, $h = H + \eta$ – полная глубина, H – глубина невозмущенного слоя жидкости, η – смещение свободной поверхности, g – ускорение силы тяжести; u и v – компоненты вектора скорости по направлениям λ и φ соответственно, $f_1 = lv - g \frac{u\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 h}$, $f_2 = -lu - g \frac{v\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2 h}$, $l = 2\omega \sin \varphi$, ω – угловая скорость вращения Земли, φ – географическая широта, C – коэффициент Шези, определяемый из соотношения $C = \frac{R^{1/6}}{n}$ (формула Маннинга), R – гидравлический радиус, обычно принимаемый для широкого открытого русла равным глубине H , n – коэффициент групповой шероховатости (его размерность [сек/м^{1/3}]).

Процедура построения вычислительного алгоритма предполагала, что $\Omega(\lambda, \varphi) = \{(\lambda, \varphi) : \lambda_1 \leq \lambda \leq \lambda_2, \varphi_1 \leq \varphi \leq \varphi_2, \lambda_1, \varphi_1, \lambda_2, \varphi_2 - const\}$ – область в плоскости географических координат φ и λ , в которой вводится равномерная прямоугольная сетка: $\bar{\Omega} = \{(\lambda_i, \varphi_j) : \lambda_1 \leq \lambda_i \leq \lambda_2, \varphi_1 \leq \varphi_j \leq \varphi_2, 0 \leq i \leq N_\lambda, 0 \leq j \leq N_\varphi\}$

с шагами $\Delta\lambda$ и $\Delta\varphi$ по пространственным переменным λ и φ , соответственно, а $\Delta\tau^n$ ($\Delta\tau^n = t^{n+1} - t^n$) – шаг по времени.

Далее вводятся сеточные функции $h_{ij}^n, u_{ij}^n, v_{ij}^n, H_{ij}^n, \eta_{ij}^n$ так, что $h_{ij}^n = h(\lambda_i, \varphi_j, t^n)$, $u_{ij}^n = u(\lambda_i, \varphi_j, t^n)$, $v_{ij}^n = v(\lambda_i, \varphi_j, t^n)$, $H_{ij}^n = H(\lambda_i, \varphi_j, t^n)$, $\eta_{ij}^n = \eta(\lambda_i, \varphi_j, t^n)$ и система уравнений (1) аппроксимируется во внутренних узлах сетки $\bar{\Omega}$ упомянутой выше явной двухшаговой конечно-разностной схемой типа Мак–Кормака [MacCormack, 1969; Федотова, 2006]:

1 шаг –

$$\frac{h_{ij}^n - h_{ij}^{n-1}}{\tau^n} + \frac{1}{R \cos \varphi_j} \left[\frac{h_{ij}^n u_{ij}^n - h_{i-1j}^n u_{i-1j}^n}{\Delta\lambda} + \frac{\cos \varphi_j h_{ij}^n v_{ij}^n - \cos \varphi_{j-1} h_{ij-1}^n v_{ij-1}^n}{\Delta\varphi} \right] = 0,$$

$$\frac{u_{ij}^n - u_{ij}^{n-1}}{\tau^n} + \frac{1}{R \cos \varphi_j} \left[\frac{(u_{ij}^n)^2 - (u_{i-1j}^n)^2}{2\Delta\lambda} + g \frac{\eta_{ij}^n - \eta_{i-1j}^n}{\Delta\lambda} \right] + \frac{v_{ij}^n}{R} \frac{u_{ij}^n - u_{ij-1}^n}{\Delta\varphi} = f_{1ij}^n,$$

$$\frac{\hat{v}_{ij}^n - v_{ij}^n}{\tau^n} + \frac{u_{ij}^n}{R \cos \varphi_j} \frac{v_{ij}^n - v_{i-1j}^n}{\Delta\lambda} + \frac{1}{R} \left[\frac{(v_{ij}^n)^2 - (v_{ij-1}^n)^2}{2\Delta\varphi} + g \frac{\eta_{ij}^n - \eta_{ij-1}^n}{\Delta\varphi} \right] = f_{2ij}^n.$$

2 шаг –

$$\frac{h_{ij}^{n+1} - (h_{ij}^n + h_{ij}^{n-1})/2}{\tau^n/2} + \frac{1}{R \cos \varphi_j} \left[\frac{h_{i+1j}^n u_{i+1j}^n - h_{ij}^n u_{ij}^n}{\Delta\lambda} + \frac{\cos \varphi_{j+1} h_{i+1j}^n \hat{v}_{i+1j}^n - \cos \varphi_j h_{ij}^n \hat{v}_{ij}^n}{\Delta\varphi} \right] = 0,$$

$$\frac{u_{ij}^{n+1} - (u_{ij}^n + u_{ij}^{n-1})/2}{\tau^n/2} + \frac{1}{R \cos \varphi_j} \left[\frac{(u_{i+1j}^n)^2 - (u_{ij}^n)^2}{2\Delta\lambda} + g \frac{h_{i+1j}^n - H_{i+1j}^n - h_{ij}^n + H_{ij}^n}{\Delta\lambda} \right] + \frac{\hat{v}_{ij}^n}{R} \frac{u_{i+1j}^n - u_{ij}^n}{\Delta\varphi} = f_{1ij}^n,$$

$$\frac{v_{ij}^{n+1} - (v_{ij}^n + \hat{v}_{ij}^n)/2}{\tau^n/2} + \frac{u_{ij}^n}{R \cos \varphi_j} \frac{\hat{v}_{i+1j}^n - \hat{v}_{ij}^n}{\Delta\lambda} + \frac{1}{R} \left[\frac{(\hat{v}_{ij}^n)^2 - (v_{ij}^n)^2}{2\Delta\varphi} + g \frac{h_{ij+1}^n - H_{ij+1}^n - h_{ij}^n + H_{ij}^n}{\Delta\varphi} \right] = f_{2ij}^n.$$

В использованной для расчетов версии системы MGS реализованы два варианта взаимодействия волн с границами вычислительной области. Это свободный выход волны за пределы области и отражение от условно возведенной вертикальной стены, с помощью которой моделируются очертания островов, контуры берега и прибрежные сооружения вдоль береговой линии. При этом предполагалось, что границы типа «вертикальная стенка» проходят через узлы равномерной прямоугольной сетки так, что они всегда параллельны внешним сторонам прямоугольника $\Omega(\lambda, \varphi)$. На фрагментах границы, являющихся меридианами, граничные условия для разностной схемы имеют вид: $u = 0$, $\partial v / \partial \lambda = 0$, $\partial \eta / \partial \lambda = 0$; а на параллелях, соответственно, $v = 0$, $\partial u / \partial \varphi = 0$, $\partial \eta / \partial \varphi = 0$.

На внешних «открытых» границах расчетной области поставлены условия Зоммерфельда. На параллелях они имеют вид

$$R \frac{\partial \eta}{\partial t} \pm c \frac{\partial \eta}{\partial \varphi} = 0,$$

$$R \frac{\partial u}{\partial t} \pm c \frac{\partial u}{\partial \varphi} = 0,$$

$$R \frac{\partial v}{\partial t} \pm c \frac{\partial v}{\partial \varphi} = 0$$

и на меридианах

$$R \frac{\partial \eta}{\partial t} \pm \frac{c}{\cos \varphi} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} = 0,$$

$$R \frac{\partial u}{\partial t} \pm \frac{c}{\cos \varphi} \frac{\partial u}{\partial \lambda} = 0,$$

$$R \frac{\partial v}{\partial t} \pm \frac{c}{\cos \varphi} \frac{\partial v}{\partial \lambda} = 0,$$

$c = \sqrt{gh}$, выбор знака \pm зависит от направления внешней нормали к соответствующей стороне (границе) прямоугольника.

Начальное возмущение свободной поверхности океана, порожденного модельным цунамигенным землетрясением, обеспечивается специальным модулем расчета. Для Камчатского региона, например, определены параметры наиболее вероятных катастрофических землетрясений для расчёта начальных возмущений свободной поверхности по модели Подъяпольского-Гусякова-Окады [Гусяков, 1972, 1978; Подъяпольский, 1968; Okada, 1985]. Начальные скорости u_0 и v_0 полагаются нулевыми. Для расчета по описанному выше алгоритму необходимо задать значения физических параметров R, ω, g, k , а также шаг по времени разностной схемы. Последний не является постоянным, а на каждом шаге вычисляется из условия устойчивости:

$$K = \frac{\tau^{n+1}}{R} \left(\max_{\bar{\Omega}} \left(u_{ij}^n \right) / \left(\Delta \lambda \min(\cos \varphi_1, \cos \varphi_2) \right) + \right. \\ \left. + \max_{\bar{\Omega}} \left(v_{ij}^n \right) / \Delta \varphi + \sqrt{g \left(1 / \left(\Delta \lambda \min(\cos \varphi_1, \cos \varphi_2) \right)^2 + 1 / \left(\Delta \varphi \right)^2 \right) \max_{\bar{\Omega}} \left(h_{ij}^n \right)} \right).$$

Здесь K – число Куранта. Теоретически $K = 1$, но в расчетах предусматривался некоторый запас устойчивости, поэтому принималось $K = 0.9$.

Для стабилизации решения в случае возникновения разного рода вычислительной неустойчивости использовались вспомогательные методы: искусственной вязкости, избирательной фильтрации высокочастотных возмущений, коррекции решения в случае нефизического роста скоростей.

5 Постановка задачи на проведение расчетов

Расчеты проводились в прямоугольной расчетной области, простирающейся от 127° до 142.5° в.д. и от 32° до 53.5° с.ш. на сетке с шагом 30 угловых секунд на 36 часов физического времени. Массив, содержащий цифровую модель рельефа (Рисунок 6), был получен с использованием метода кусочной билинейной

интерполяции данных из массива GEBCO-2009 (с шагом 1 географическая минута). Этот массив содержал 4 803 241 узлов (1861×2581).

5.1 Виртуальные мареографы и их соответствие защищаемым пунктам побережья Приморского края и местам размещения автоматизированных постов измерений уровня моря

Для создания совокупности результатов, предусмотренной Техническим заданием, совместно с Заказчиком был сформирован набор защищаемых пунктов российского побережья Японского моря и соответствующих мест размещения автоматизированных постов измерений, уточнены их географические координаты. В ближайших «морских» узлах расчетной сетки были установлены виртуальные мареографы. Координаты реальных географических объектов и их виртуальных образов приведены в таблице (см.

Таблица 6), а схема их размещения изображена на рисунке (см. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

В некоторых случаях общепринятые координаты географических объектов указывают на «сомнительные» точки, которые либо существенно удалены от побережья в одну или другую сторону, либо оказываются окружены очень сложной по конфигурации береговой линией. Это касается пунктов Артем, Владивосток, Дальнегорск, Находка и Углегорск. Для них предложены альтернативные позиции, число которых неодинаково: г. Артему сопоставлены 2 позиции, г. Владивостоку – 4, г. Дальнегорску – 2, г. Находке – 6, г. Углегорску – 2.

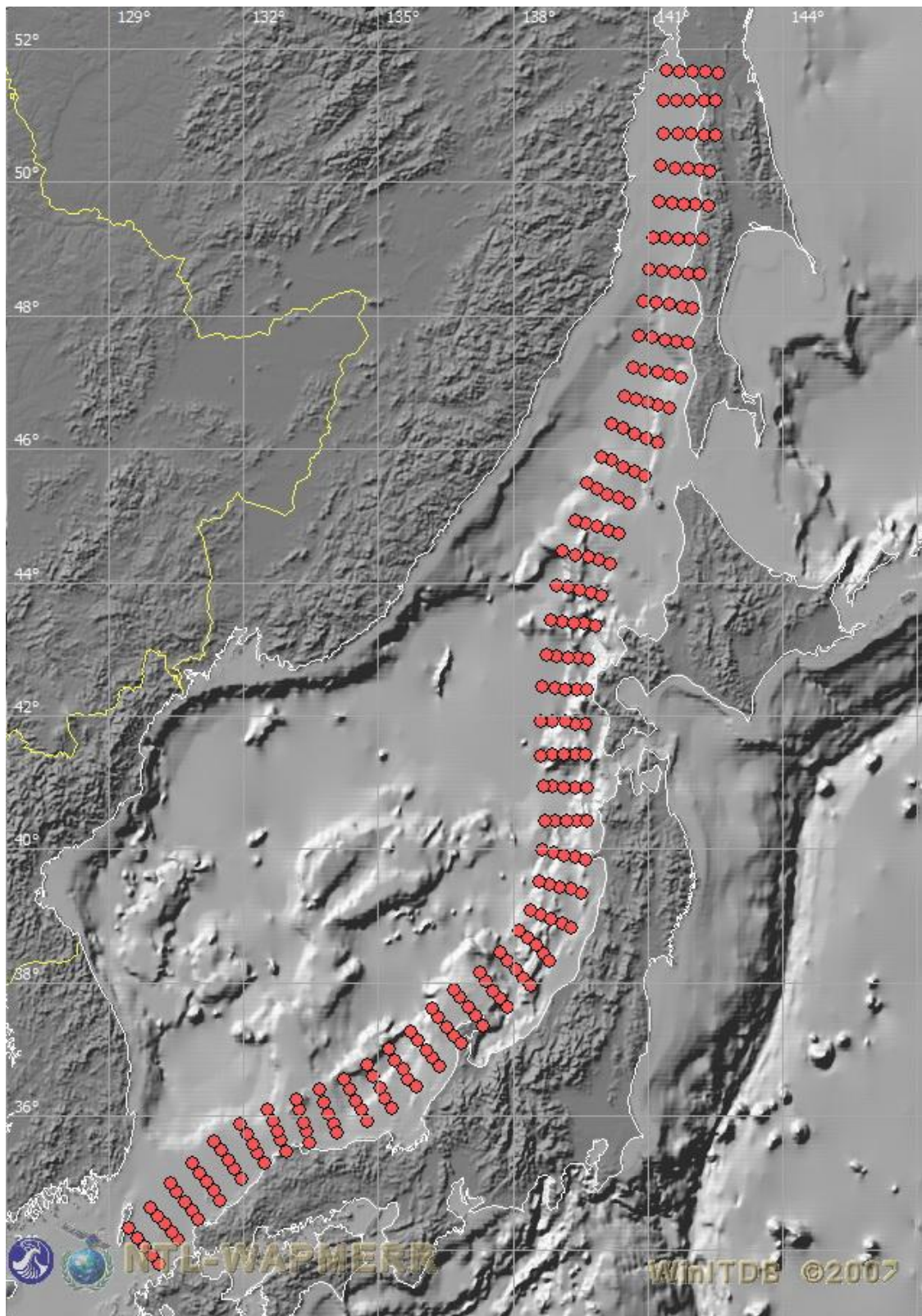


Рисунок 4. Схема размещения модельных очагов цунамигенных землетрясений Японского моря ($M_w = 7.2, 7.5, 7.8, 8.1, 8.4$). Для каждого очага кружок соответствует центру нижнего края площадки разрыва.

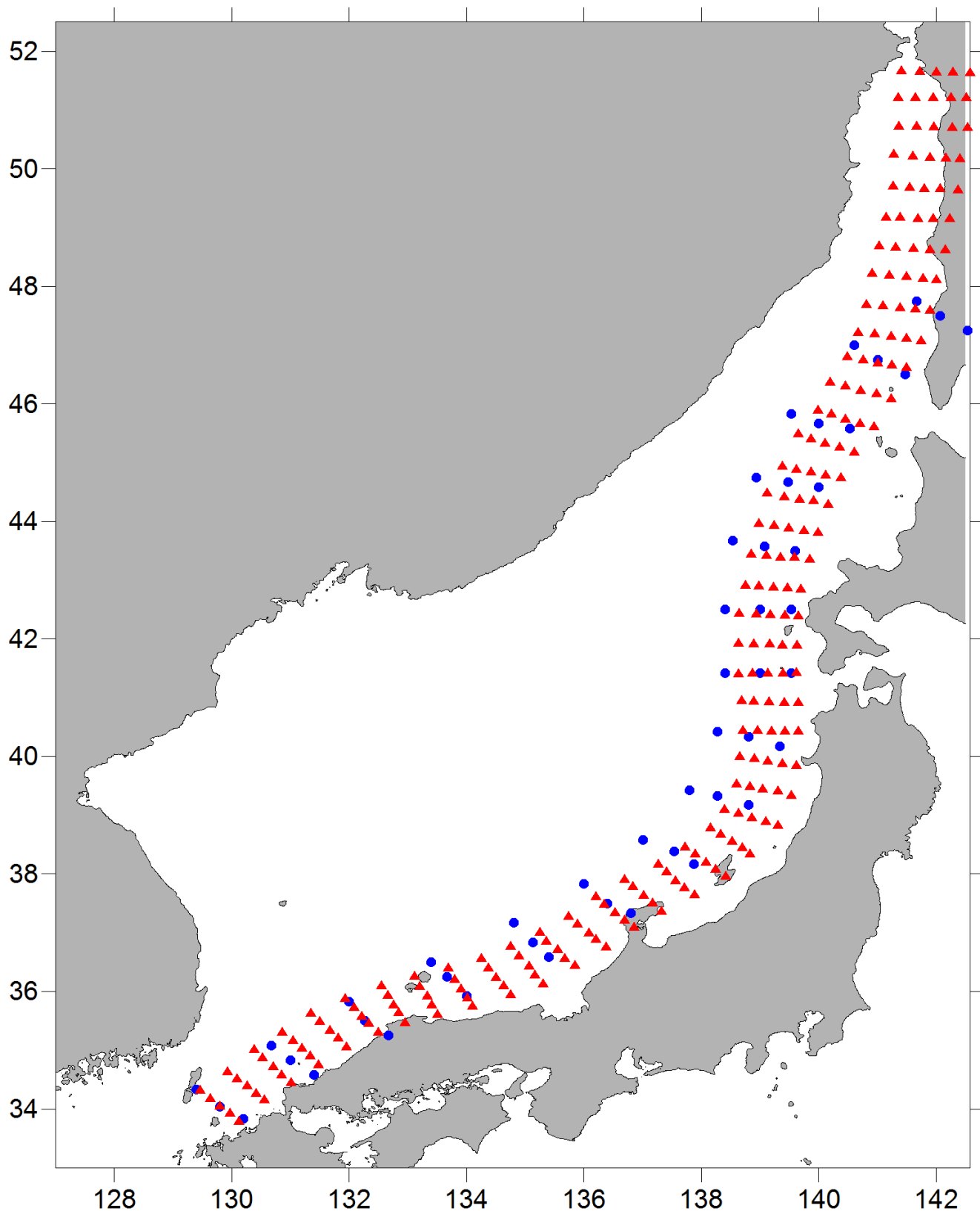


Рисунок 5. Сопоставление схемы размещения модельных цунамигенных землетрясений с магнитудой $M_w = 7.8$, использованных при выполнении контракта № 2н-08 от 21 мая 2008 г. «Расчет высот волн цунами для защищаемых пунктов Сахалинской области и Приморского края – Курило-Камчатская, Сахалинская, Япономорская зоны» (синие кружки), со схемой размещения модельных землетрясений с магнитудами $M_w = 7.2, 7.5, 7.8, 8.1, 8.4$, использованных в исследованиях, выполненных по заданиям договора № 55/14-2 от 18 июня 2014 г. «Расчет высот волн цунами для модельных очагов цунамигенных землетрясений в защищаемых пунктах побережья Приморского края» (красные треугольники).

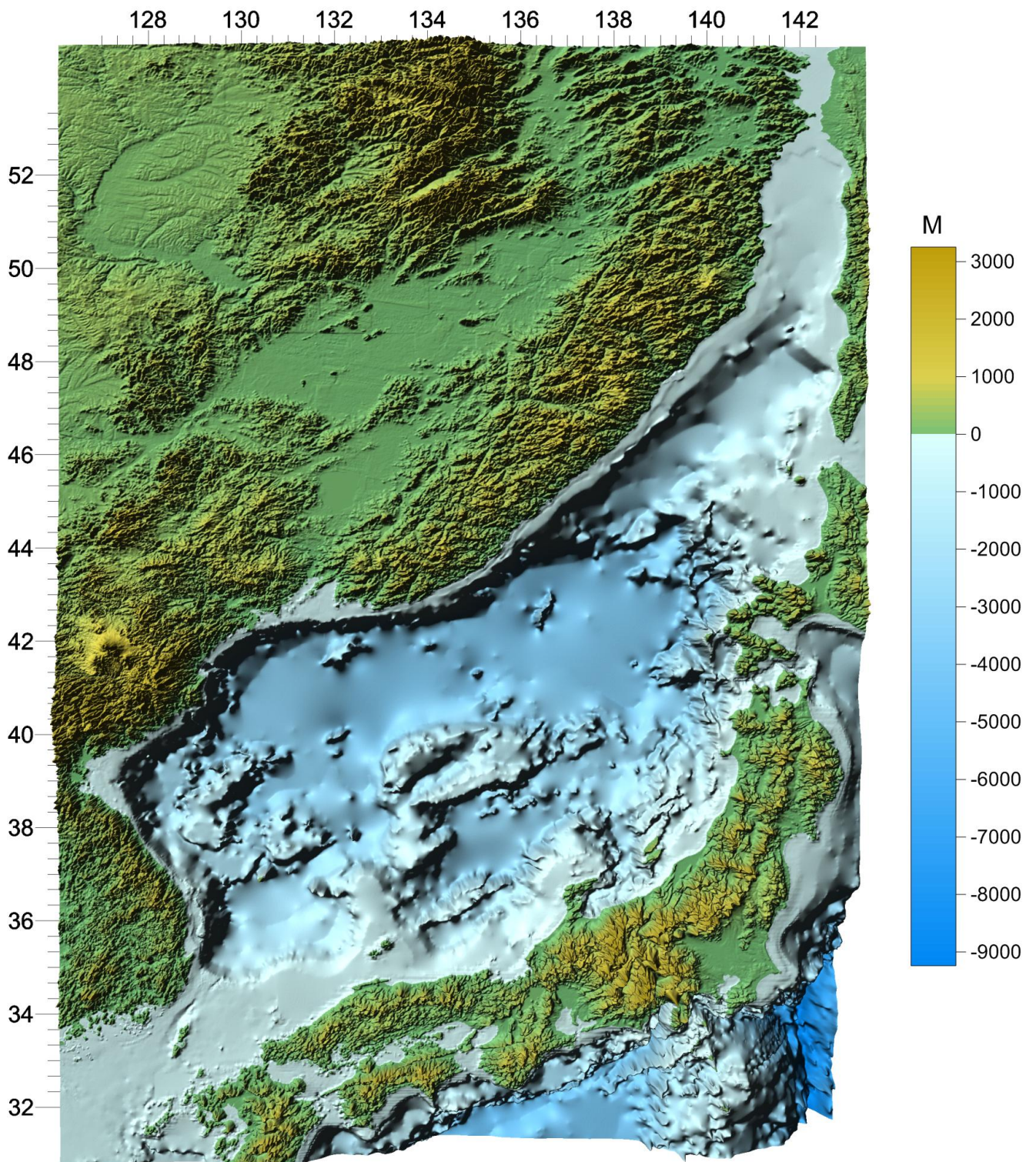


Рисунок 6. Изображение цифровой модели батиметрии акватории Японского моря и рельефа прилегающей суши, построенной с шагом 30 географических секунд методом кусочной билинейной интерполяции данных из массива GEBCO-2009-1 min (с шагом 1 географическая минута).

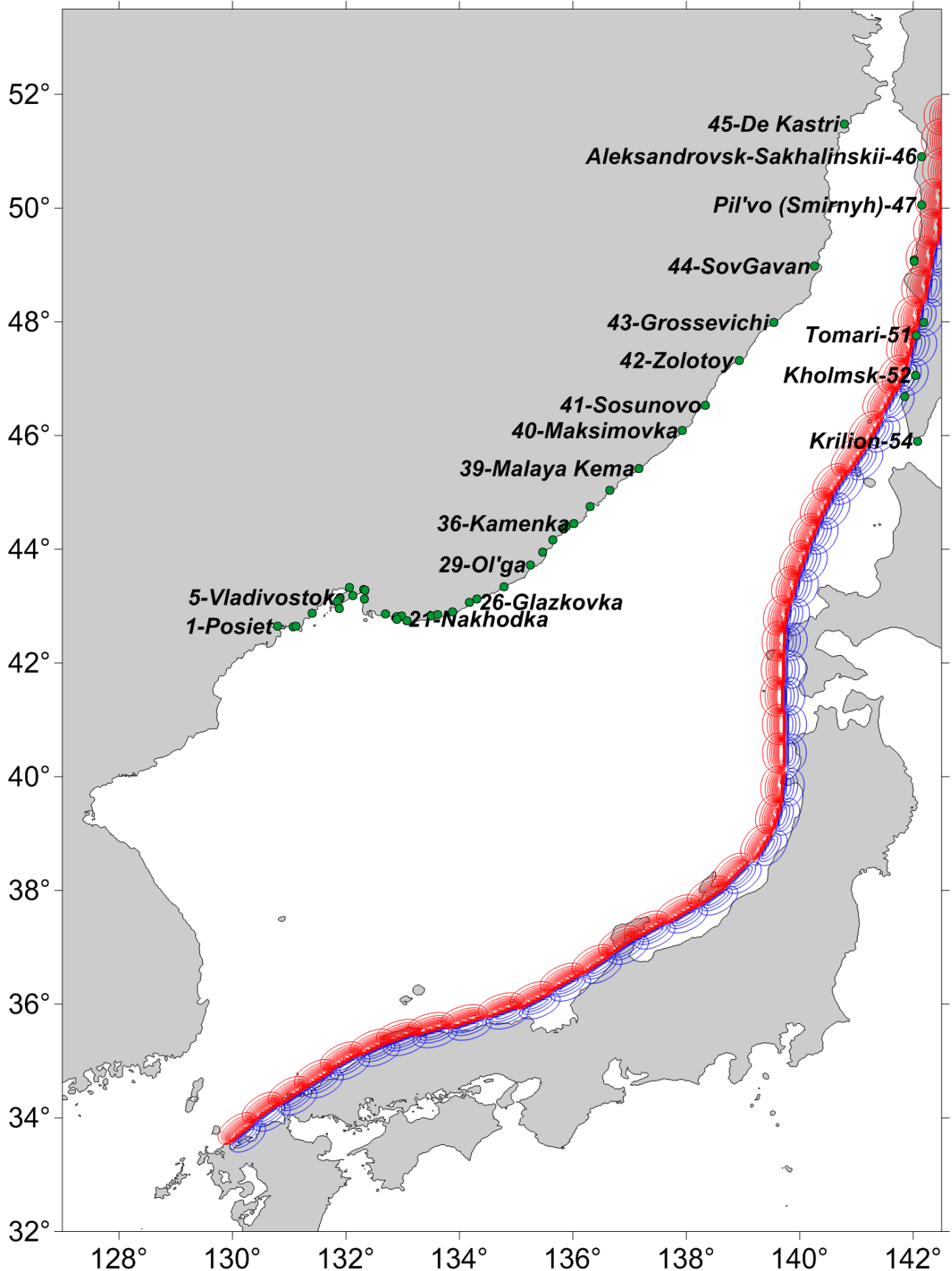


Рисунок 7. Схема расчетной области и расположения вдольбереговой линии виртуальных мареографов (зеленые кружки), соответствующих защищаемым пунктам побережья Приморского края и местам размещения автоматизированных постов измерений уровня моря (см).

Таблица 6). Здесь же изображена схема расположения модельных очагов с магнитудой $M_w=7.2$ (см. Таблица 1). Красные изолинии соответствуют положительным значениям смещения свободной поверхности в очаговой области (от 0.1 см и больше), синие – отрицательным значениям (от -0.1 см и меньше).

Таблица 6. Защищаемые пункты и места размещения автоматизированных постов измерений уровня моря с указанием исходных географических координат (Latitude, Longitude), а также географических (Lat-calc, Long-calc) и целочисленных «координат» (N_y , N_x) сеточной привязки этих объектов

N	Name	Latitude, grad, N	Longitude, grad, E	Lat-calc (N)	Long-calc (E)	N_y	N_x
1.	Vladivostok-1 (Posiet)	42.6675	130.7998	42.64167	130.8	1278	457
2.	Zarubino	42.65	131.07	42.63333	131.06667	1277	489
3.	Andreevka	42.65	131.13	42.64167	131.11667	1278	495
4.	Slavyanka	42.87	131.38	42.875	131.4	1306	529
5.	Vladivostok-2	43.1116	131.8972	43.15	131.9	1339	589
6.	Vladivostok-3	43.1171	131.8764	43.14167	131.89167	1338	588
7.	Vladivostok-4	43.1187	131.8750	43.11667	131.875	1335	586
8.	Tokarevskiy mayak	43.07	131.84	43.075	131.85	1330	583
9.	o-v Russkiy	42.97	131.85	42.95833	131.88333	1316	587
10	Lazurnyi	43.2	132.11	43.18333	132.11667	1343	615
11	Artem-1	43.3122	132.2844	43.29167	132.31667	1356	639
12	Artem-2	43.3569	132.1856	43.325	132.05833	1360	608
13	Shkotovo	43.32	132.35	43.28333	132.33333	1355	641
14	Bol'shoi Kamen'	43.11	132.34	43.125	132.325	1336	640
15	Livadiya	42.87	132.68	42.86667	132.7	1305	685
16	Nakhodka-1	42.7897	132.8679	42.8	132.88333	1297	707
17	Nakhodka-2	42.8028	132.9094	42.8	132.89167	1297	708
18	Nakhodka-3	42.8094	132.9067	42.80833	132.9	1298	709
19	Nakhodka-4	42.8111	132.9866	42.80833	132.98333	1298	719
20	Nakhodka-5	42.8304	132.9893	42.825	132.98333	1300	719
21	Nakhodka-6	42.77	132.88	42.76667	132.9	1293	709
22	buh. Vrangelya	42.73	133.08	42.74167	133.075	1290	730
23	buh. Uspeniya	42.82	133.52	42.825	133.50833	1300	782
24	Melkovodnoe	42.86	133.62	42.85	133.61667	1303	795
25	Preobrazhenie	42.9	133.91	42.9	133.88333	1309	827
26	Glazkovka	43.07	134.17	43.06667	134.18333	1329	863
27	Valentin	43.12	134.29	43.125	134.30833	1336	878
28	Moryak-Rybolov	43.34	134.78	43.34167	134.79167	1362	936
29	Ol'ga	43.75	135.29	43.725	135.25	1408	991
30	Veselyi Yar	43.96	135.45	43.95	135.46667	1435	1017
31	Kavalerovo	44.0077	136.1669	44.16667	135.65	1461	1039
32	Dalnegorsk-1	44.3472	135.8329	44.35833	135.83333	1484	1061
33	Rudnaya pristan'	44.36	135.82	44.35	135.83333	1483	1061
34	Dalnegorsk-2	44.5501	135.5544	44.36667	135.83333	1485	1061
35	Lidovka	44.43	135.87	44.40833	135.88333	1490	1067
36	Kamenka	44.46	136.02	44.45	136.01667	1495	1083
37	Plastun	44.75	136.29	44.75	136.30833	1531	1118
38	Terney	45.0180	136.6339	45.03333	136.65	1565	1159
39	Malaya Kema	45.42	137.15	45.41667	137.16667	1611	1221
40	Maksimovka	46.09	137.89	46.08333	137.93333	1691	1313
41	Sosunovo	46.53	138.33	46.53333	138.341667	1745	1362
42	Zolotoi	47.32	138.97	47.31667	138.933333	1839	1433
43	Grossevichi	47.99	139.53	47.98333	139.55	1919	1507
44	Sov. Gavan'	48.97	140.29	48.975	140.26667	2038	1593

45	De-Kastri	51.48	140.77	51.475	140.79167	2338	1656
46	Aleksandrovsk-Sakhalinskii	50.9	142.15	50.90833	142.15	2270	1819
47	Pil'vo (Smirnyh)	50.04	142.18	50.05	142.15	2167	1819
48	Uglegorsk-2	49.0813	142.0365	49.08333	142.01667	2051	1803
49	Uglegorsk-1	49.0667	142.0333	49.06667	142.01667	2049	1803
50	Il'inskoe	47.99	142.21	47.99167	142.18333	1920	1823
51	Tomari	47.76	142.05	47.76667	142.05	1893	1807
52	Holmsk	47.06	142.06	47.05833	142.04167	1808	1806
53	Nevel'sk	46.68	141.86	46.68333	141.85	1763	1783
54	M.Kril'on	45.9	142.08	45.9	142.075	1669	1810

6 Результаты работ

6.1 Организация локального хранилища файлов

Подробное изложение возможностей и структуры информационной системы, обеспечивающей доступ к результатам расчетов, приведено в итоговом отчете «Расчет высот волн цунами для защищаемых пунктов Курило-Камчатского региона» по Контракту № 1н-07 от 22 марта 2007 г. на выполнение НИОКР для государственных нужд по Федеральной целевой программе "Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года".

В настоящем разделе поясняются некоторые изменения, внесенные исполнителями в ходе выполнения работы по настоящему проекту в структуру и содержание папок локального хранилища файлов.

6.2 Файловый состав папки хранилища

- Addition_Calculations – папка, в которой хранятся файлы {<name>_MareogramsAddCalcul.dat}, содержащие для каждого мареографного пункта:
 - в первом и третьем столбцах – максимальные и минимальные амплитуды колебаний уровня свободной поверхности в этом мареографе,
 - во втором и четвертом – времена их прихода соответственно,
 - в пятом – полусумму максимальной и минимальной амплитуд
(здесь и далее <name> означает название источника из таблиц 1 – 5);
- Bathymetry – папка, в которой хранится файл с массивом с цифровой моделью рельефа дна bathymetry.grd;
- DataBase – папка, в которой хранится файл базы данных main_db.mdb;
- Glowings – папка, содержащая максимальные и минимальные значения уровней свободной поверхности акватории за все время моделирования в каждом «морском» узле расчетной сетки:
 - {<name>_Max_FreeSurface.grd} – распределения максимальных значений,

{<name>_Min_FreeSurface.grd} – распределения минимальных значений;

- Import – папка, содержащая данные для импорта в систему:

Input –

Mareographs.txt – файл с целочисленными сеточными координатами виртуальных мареографов;

sources.txt – файл с параметрами механизмов модельных цунамигенных землетрясений;

- Isochrones – папка, в которой хранятся файлы с массивами времен первого вступления волн в секундах. Эта папка содержит файлы:

{<name>_IsochroneTime.dat} – времена прихода первой волны в мареографные пункты,

{<name>_IsochroneTime.grd} – времена прихода первой волны в каждый «морской» узел расчетной сетки;

- Mareograms – папка, в которой хранятся файлы с массивами мареограмм

<name>_Mareograms.dat;

- Sources – папка, содержащая файлы начальных возмущений:

<name>_Etta.grd – массив возмущений в сферической системе координат,

<name>_Z.grd – массив возмущений в локальной декартовой системе координат,

<name>_Etta_Small.grd – массив возмущений в сферической системе координат в окрестности середины нижнего край площадки разрыва.

Kamchatka.exe – исполняемый файл программы Kamchatka для доступа к данным.

Kamchatka.ini – текстовый файл, содержащий настройки программы

Kamchatka.exe и комментарии к ним (в этих случаях первым символом строки является символ «;»):

```
[Kamchatka]
```

```
;Настройки программы Камчатка
```

```
;Вертикальный масштаб в метрах при отрисовке диаграмм и мареограмм. По умолчанию в программе 10.0 м
```

```
;Значение задавать в виде вещественного числа.
```

```
mashtab_vertical=10.0
```

```
;Шаг на графике мареограммы, с которым расставляются
```

```
засечки на оси времени. В единицах, указанных в
```

```
параметрах delta_si. По умолчанию в программе 15 минут.
```

```
;Значение задавать в виде целого числа.
```

```
delta_time=1
```

;Единица измерения шага. По умолчанию в программе значение `minut`.
;Значение задавать из вариантов:`second, minut, hour`.
`delta_si=hour`

7 Заключение

За отчетный период исполнителями выполнены следующие работы:
создана совокупность очагов модельных цунамигенных землетрясений, адекватных современным сеймотектоническим представлениям об акватории Японского моря; в эту совокупность входят группы модельных землетрясений с магнитудами $M_w = 7.2, 7.5, 7.8, 8.1, 8.4$; в каждую группу включены 225 модельных гипотетических событий;
сформирован перечень защищаемых пунктов побережья Приморского края и мест размещения автоматизированных постов измерений уровня моря, определены соответствующие им узлы расчетной сетки;
на основе массива GEBCO-2009 (с шагом 1 географическая минута) подготовлен цифровой рельеф (массив батиметрии) дна акватории Японского моря с шагом 30 географических секунд, при этом повышение разрешающей способности выполнено с помощью алгоритмов кусочной билинейной интерполяции;
подготовленный массив адаптирован к особенностям численных алгоритмов, используемых при моделировании;
рассчитаны важнейшие параметры проявления каждого из включенных в созданную совокупность модельных цунами на российском побережье Японского моря.

8 Литература

- Chu K.S., Tsuji Y. (1993) Historical records of earthquakes and tsunamis in the region of the Korean Peninsula and its vicinity, Proceedings of the IUGG/IOC International Tsunami Symposium, Wakayama, Japan, August 23-27, 1993, Japan Society of Civil Engineers, 397-407.
- Fukao Y., Furumoto M. (1975) Mechanism of large earthquakes along the eastern margin of the Japan Sea. *Tectonophysics*, 25: 247-266.
- Hatori T. (1969) A study of the wave sources of tsunami generated off West Hokkaido on Aug. 2, 1940 // *Bull. Earth. Res. Inst.*, 47, 1063-1072.
- Iida K. (1979) Investigation of historical earthquakes (2): Earthquake and tsunami damage of 16 June 1026 // Technical Report, Aichi Institute of Technology, Note 14, 199-206 (in Japanese).
- Iida K. (1984). Catalog of tsunamis in Japan and neighboring countries, Special Report, Yashigasa, Aichi Institute of Technology, 52pp.
- MacCormack R.W. (1969). The Effect of Viscosity in Hypervelocity Impact Cratering // *AIAA Paper*. 1969. 69–354.

Okada Y. (1985). Surface Deformation Due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space // Bulletin of the Seismological Society of America. 1985. Vol. 75, No. 4. P. 1135–1154.

Storchak, D.A., D. Di Giacomo, I. Bondár, E. R. Engdahl, J. Harris, W.H.K. Lee, A. Villaseñor and P. Bormann, (2013) Public release of the ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900-2009). Seism. Res. Lett. V. 84. No. 5. P. 810-815

The Chilean Tsunami of May 24, 1960 as observed along the coast of Japan (December 1961), Committee for Field Investigation of the Chilean Tsunami of 1960, 397 pp.

Watanabe H. (1985). Catalog of Tsunamis and Their Damage in Japan, Tokyo University, 208p.

Yatomi K. (1963) The history of Matsuda, Yamato Publishing Company, Tokyo, 852 pp/ (in Japanese).

Берсенев И.И. и др. (1977) Впадина Японского моря // В кн.: Разломы и горизонтальные движения горных сооружений СССР, М.: 1977, С.113-127.

Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г. Нишимура Ю. и др. (2013) Первые находки осадков цунами на побережье восточного Приморья // Геология морей и океанов, Том I, Материалы XX Международной научной конференции (Школы) по морской геологии, Москва, ИО РАН, 18-22 ноября 2013 г., с.175-179.

Гусяков В.К. (1972) Возбуждение волн цунами и океанических волн Релея при подводном землетрясении // Математические проблемы геофизики. Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, вып. 3, С.250-272.

Гусяков В.К. (1978) Остаточные смещения на поверхности упругого полупространства // Условно-корректные задачи математической физики в интерпретации геофизических наблюдений, Новосибирск: ВЦ СО РАН. С. 23-51.

Лобковский Л.И., Баранов Б.В. (1982) К вопросу о возбуждении цунами в зонах поддвига литосферных плит. // В кн.: Процессы возбуждения и распространения цунами, М.: ИО АН СССР, С.7-17.

Подъяпольский Г.С. (1968). Возбуждение длинной гравитационной волны в океане сейсмическим источником в коре // Известия АН СССР. Физика Земли. 1968. № 1. С. 7–24.

Полякова А.М. (2012) Опасные и особо опасные гидрометеорологические явления в северной части Тихого океана и цунами у побережья Приморья // Владивосток: Дальнаука, 180 с.

Порядок расчета максимальных высот волн цунами в защищаемых пунктах побережья Дальнего Востока Российской Федерации (2011) // Руководящий документ РД 52.18.–2011, В.С.Косых (руководитель разработки), Л.Б.Чубаров, д-р физ.-мат. наук, В.К.Гусяков, д-р физ.-мат. наук, С.А.Бейзель, канд. физ.-мат. наук, Д.А.Камаев, д-р техн. наук, В.М.Григорьева, канд. физ.-мат. Наук. Обнинск, 2011. 47 с.

Соловьев С.Л. (1968) Проблема цунами и ее значение для Камчатки и Курильских островов // В кн.: Проблема цунами, М.: Наука, С. 7-50.

Соловьев С.Л. (1978) Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1937-1976 гг. // В кн.: Изучение цунами в открытом океане, М., Наука, С. 61-136.

Соловьев С.Л. (1989) Средиземноморские цунами и их сопоставление с тихоокеанскими цунами // Физика Земли, № 11, С.3-17.

Соловьев С.Л., Го Ч.Н. (1974) Каталог цунами на западном побережье Тихого океана, М.: Наука, 310 с.

Соловьев С.Л., Милитеев А.Н. (1968) Проявление Ниигатского цунами 1964 г. на побережье СССР и некоторые данные об источнике // В кн.: Проблемы цунами. М.: Наука.

Федотова З.И. (2006) О применении разностной схемы Мак-Кормака для задач длинноволновой гидродинамики // Вычислительные технологии (специальный выпуск, посвященный 85-летию со дня рождения Яненко Н.Н.). 2006. Т. 11, Ч. 2. С. 53–63.

Чубаров Л.Б., Бабайлов В.В., Бейзель С.А. (2011) Программа расчета характеристик воды цунами сейсмического происхождения MGC // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Федеральной службой по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам №2011614598. Зарегистрировано в Реестре Программ для ЭВМ 9 июня 2011г.