

ОЦЕНКИ ЦУНАМИОПАСНОСТИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Манько А.Н. (amanko@ferhri.ru), Диденко М.Г. (ДВНИГМИ),
Храмушин В.Н. (Сахалинское отделение Российского научно-технического
общества судостроителей им. А. Н. Крылова)*

Рассматриваются результаты численного моделирования длинноволновых процессов в заливе Петра Великого, инициируемые сейсмическими очагами подводных землетрясений в различных районах цунамиопасной зоны вдоль западного побережья Японских островов. Вычислительные эксперименты проводились с использованием программного обеспечения лаборатории вычислительной гидромеханики и морских исследований Сахалинского государственного университета.

Программный комплекс позволяет проводить прямые вычислительные эксперименты, а также рассчитывать кинематические карты, которые позволяют выявить участки побережья с наибольшей концентрацией волновой энергии, обусловливаемой фокусировкой фронта для первого вступления волны (Храмушин В.Н., 2010 г.).

При проведении вычислительных экспериментов очаги цунами автоматически формировались в программном комплексе. Размеры очага составляли 205 на 80 км по осям эллипса, высота – 1 м. Направленность осей эллипса определялась таким образом, чтобы воздействие волны цунами на залив Петра Великого было наибольшим.

При расчетах за основу была взята батиметрия для Японского моря с шагом сетки 300 м, а для залива Петра Великого использована батиметрия, рассчитанная компанией TCarta Varine, LLC (<https://www.tcarta.com/>) с разрешением менее 50 м. Общий массив батиметрии для Японского моря был сведен к шагу расчетной сетки в 150 м. Данный масштаб обеспечивал достаточную детализацию особенностей береговой черты залива Петра Великого.

Анализировались высоты волн цунами, под которой понималась сумма максимальных положительных и отрицательных составляющих волны.

Для оценки сопоставимости результатов расчета с данными реальных цунами были взяты результаты численного эксперимента для цунами, происшедшего 26 мая 1983 года и данные исследований Поляковой, проведенных после цунами на основе данных очевидцев или анализа следов цунами (Полякова, 1988 г.). Сравнительный анализ показал, что для случаев, когда наблюдались волны цунами до 1,5 м, результаты численного моделирования хорошо совпадали с данными наблюдений (1,0 и 1,1 м соответственно по результатам моделирования и наблюдений). Для заплесков, превышающих 1,5 м результаты численных экспериментов дают более низкие значения высот волн цунами по сравнению с наблюдаемыми данными (1,3 и 3,1 м). Это различие объясняется тем, что высокие значения заплеска, как правило, наблюдались в местах с обрывистыми берегами, тогда как результаты модели дают величину волны у берега. Таким образом, данная модель показывает вполне адекватные результаты в сопоставлении с наблюдениями.

Для проведения вычислительных экспериментов были выбраны 8 очагов цунамиопасных землетрясений (Рис. 1 а). В результате проведенных расчетов выявлено, что наибольшие высоты волн цунами в заливе Петра Великого наблюдаются от очагов землетрясений, расположенных в районах с координатами 136°в.д., 38°с.ш. (очаг 3) и 139°в.д., 40°с.ш. (очаг 7). Высоты волн составили 1,7 м и 1,1 м соответственно (Рис. 1).

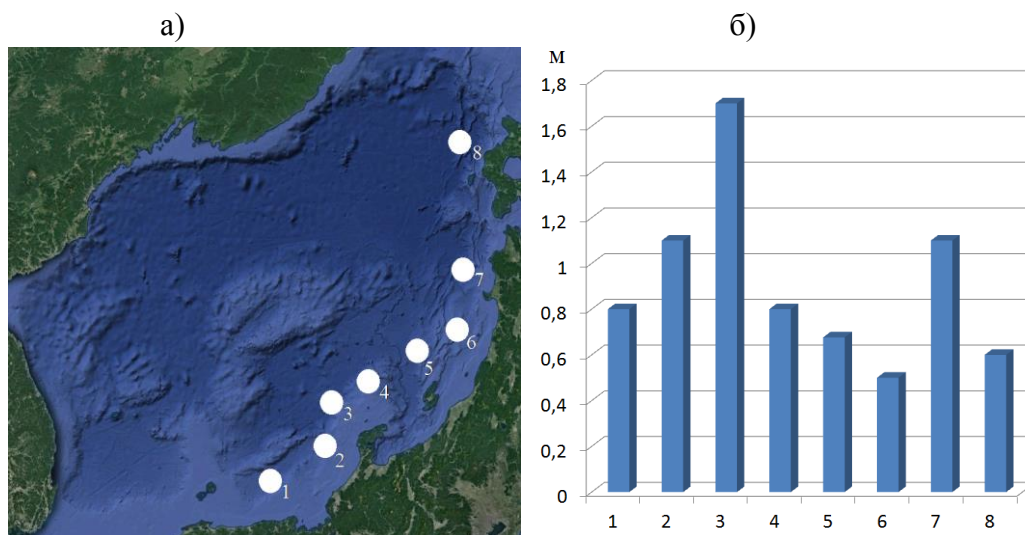


Рис. 1. Положение очагов землетрясений (а) и средние значения высот волн цунами для залива Петра Великого (б).

Подобная закономерность в распределении высот волн в заливе Петра Великого от положения очагов землетрясений обусловлена характером рельефа дна в Японском море, в южной части которого расположена возвышенность Ямато, к северу и востоку находятся протяженные котловины, с относительно ровной поверхностью дна. При прохождении фронта волны над возвышенностью Ямато происходит замедление скорости распространения фронта волны цунами. После прохода возвышенности фронт справа и слева несколько разряжается, распространяясь в область, где произошло отставание фронта. Таким образом, за возвышенностью образуется зона сходимости волновых лучей и, соответственно, увеличения волновой энергии. Так как за возвышенностью Ямато к северу расположена значительная по размерам глубоководная котловина, происходит концентрация волновой энергии на довольно узком участке побережья, расположенном по линии эпицентр землетрясения - возвышенность (середина возвышенности) Ямато. Максимальная концентрация волновой энергии в заливе Петра Великого будет, если эпицентр землетрясения будет в районе 136° в.д., 38° с.ш. (очаг 3). При положении очагов к западу и к востоку от эпицентра 3 (очаги 2, 4) концентрация волновой энергии будет наблюдаться восточнее и западнее залива Петра Великого.

Второй максимум высоты волны цунами от эпицентра в районе 139° в.д., 40° с.ш. (очага 7), также связан с особенностями рельефа дна Японского моря. От очагов расположенных в данном районе прохождения волн осуществляется вдоль глубоководной котловины без значительного рассеивания волновой энергии, вызванной неоднородностью рельефа дна (Рис. 2 б). Южнее, для очага 6 отклонение распространения волны вызвано восточной окраиной возвышенности Ямато, а севернее, для очага 8 – влиянием берегового склона, которые обуславливают деформацию волнового фронта и, соответственно, рассеивание волновой энергии достигающей района залива Петра Великого.

а)

б)

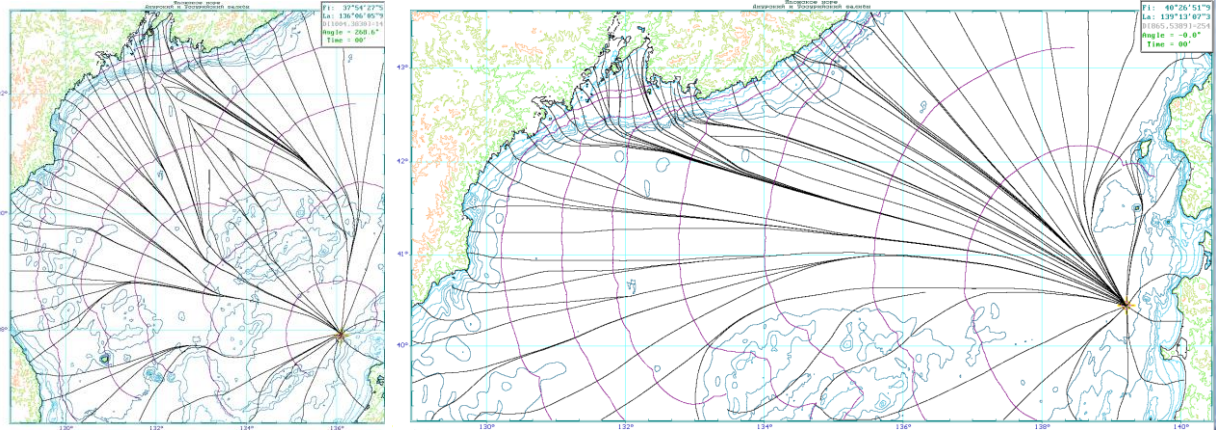


Рис 2. Карта распространения волновых лучей и фронтальной зоны от эпицентра на 38° с.ш. 136° в.д. (а) и от эпицентра на 40° с.ш. 139° в.д. (б).

Большой интерес вызывает распространение волн цунами в заливе Петра Великого. Анализ кинематических карт зоны показал, что в отдельных районах шельфовой зоны наблюдается сходимост волновых лучей, в других – их расхождение. (Рис. 3).

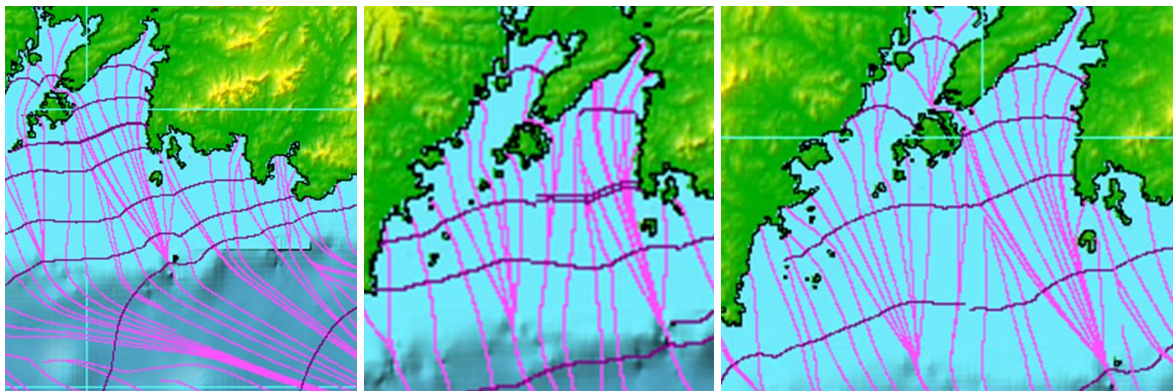


Рис 3. Карта распространения волновых лучей и фронтальной зоны в шельфовой зоне залива Петра Великого.

Для выявления закономерностей распространения волны цунами в шельфовой зоне залива Петра Великого были рассчитаны и проведен анализ распределения высот волн цунами перед материковым склоном (разрез 1) и на шельфе залива Петра Великого (разрезы 2 – 4). Наиболее четко эти изменения прослеживаются от эпицентра 3 (Рис. 4). После прохождения материкового склона высота волны возрастает примерно в два раза. Характер распределения высот волн цунами вдоль разрезов меняется. В районах $131,7^{\circ}$ в.д. и $132,6^{\circ}$ в.д. на всех разрезах в шельфовой зоне наблюдаются минимальные высоты волн цунами, что, на наш взгляд, объясняется наличием ложбин (каньонов) на материковом склоне в этих районах. Волна в ложбинах имеет большую скорость по сравнению с соседними участками материкового склона. Соответственно, после прохождения материкового склона образуется зона расхождения волновых лучей, а справа и слева наблюдаются зоны их сходимости. Это приводит к понижению волн цунами в районе ложбин и возрастанию высот волн в соседних районах.

а)

б)

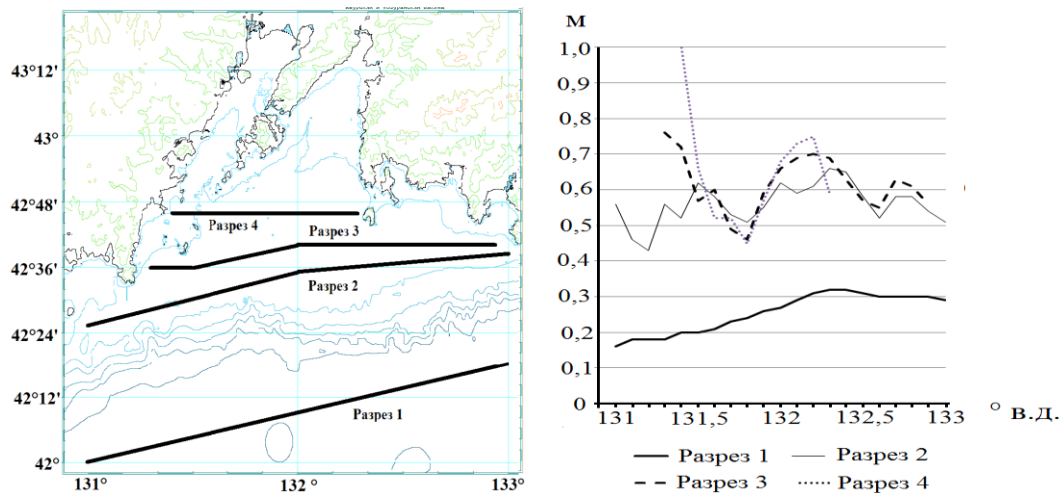


Рис 4. Разрезы, вдоль которых вычислялись высоты волн цунами (а) и распределение высот волн цунами по разрезам от очага 3 (б).

Таким образом, проведенные численные эксперименты показали значительное влияние рельефа дна Японского моря на характер трансформации волн цунами. Были выявлены районы очагов цунамиопасных землетрясений, волны цунами от которых оказывают максимальное воздействие на залив Петра Великого. Также показано, что вследствие изгибов материкового склона и значительной протяженности шельфовой зоны наблюдается концентрация волновой энергии цунами в одних районах побережья залива Петра Великого и ослабление в других.