

МЕЛКОМАСШТАБНОЕ ЦУНАМИРАЙОНИРОВАНИЕ В РАЙОНЕ ПГТ. ЮЖНО-КУРИЛЬСК (О. КУНАШИР)

А.К. Стокоз¹, Н.Л. Плинк¹, канд. геогр. наук

¹Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

SMALL SCALE TSUNAMI ZONING OF YUZHNO-KURILSK (KUNASHIR ISLAND)

A.K. Stokoz¹, N.L. Plink¹, Cand.Sc.

¹Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

Выполнено цунамирайонирование в районе пгт. Южно-Курильск (о. Кунашир) при подходе волн южного и восточного направлений. Оценка максимальных значений вертикального заплеска произведено посредством двухмерной линейной модели наката длинной волны на сухой берег с применением условия подвижной твердой стенки.

Tsunami zoning of Yuzhno-Kurilsk (Kunashir Island) has been done for waves of southern and eastern directions. The maximum values of the vertical runup were estimated via two-dimensional linear long wave runup model using conditions of the moving boundary.

От полуострова Камчатка через Курильские острова протягивается вулканическая цепь, известная как Тихоокеанское вулканическое огненное кольцо. В Тихоокеанском огненном кольце происходит большая часть мировых землетрясений, приводящих к образованию цунами. Главной задачей, созданной в России после катастрофического цунами 1952 года службы цунами является раннее обнаружение цунами и оповещение населения о возможной угрозе, направленное, прежде всего, на предотвращение человеческих жертв. Одним из инструментов, направленных на уменьшение ущерба от воздействия цунами, связанного с разрушением прибрежной инфраструктуры, капитальных строений и т.п., является процедура цунамирайонирования. Широко используемая в мировой практике процедура цунамирайонирования является основой для разработки программ комплексного развития прибрежных зон, планов территориального развития, правил застройки береговой полосы и других инструментов комплексного управления прибрежными зонами в контексте общего подхода к управлению рисками экстремальных подъемов уровня. Данные о высотах подходящих волн цунами или величинах зоны затопления, используемые для составления схем цунамирайонирования, характеризуют потенциальную угрозу и должны соответствовать наиболее неблагоприятным условиям образования и трансформации цунами. Окончательная схема цунамирайонирования должна давать оценку сверху и учитывать различные варианты подхода волны и вероятностную оценку параметров цунами (высоты, длины периода).

Исходные данные.

Цунамирайонирование области пгт. Южно-Курильск производилось с использованием данных Шикотанского землетрясения 1994 года, характеризующегося магнитудой $M=8.3$ балла и являющегося одним из сильнейших землетрясений, случившихся в исследуемой области, что позволяет рассматривать полученные результаты как оценку, близкую к оценке сверху. Землетрясение вызвало волну цунами, приведшую к затоплению значительных участков тихоокеанского побережья Курильских островов. Данные возмущения уровня свободной поверхности в эпицентре землетрясения доступны на официальном сайте Геологической службы США в разделе Землетрясения [1].

Данные о морфометрии дна и берега с разрешением 100 м находятся в открытом доступе на сайте Open Topography [2].

Методология.

Для вычисления максимально возможных величин дальности заплеска расчет характеристик наката волны на берег был выполнен посредством двухмерной линейной модели с подвижной береговой границей. Численный расчет основан на решении системы линеаризованных уравнений теории мелкой воды, с использованием «шахматной» конечно-разностной сетки и аппроксимации явного вида. В качестве начальных условий задается мгновенное статическое возмущение уровня. В качестве граничных условий на жидкой границе применяется условие полного излучения, на твердой границе условие непротекания.

Решение задачи наката реализуется путем задания подвижной твердой (береговой) границы, положение которой определяется на основе вариационного принципа. Численная реализация процесса наката волны на сухой берег с использованием граничного условия вариационного типа была предварительно верифицирована на одномерной численной модели, а также двумерной численной модели с использованием простой модельной морфометрии.

Результаты.

Были произведены расчеты характеристик наката при подходе волны южного направления. Подобное распространение соответствует случаю зарождения цунами на юге Курило-Камчатского желоба.

Непосредственно при приближении к берегу под воздействием эффекта рефракции фронт волны принимает очертания близкие к форме береговой линии, что приводит к развороту фронта волны и нормальному подходу волны к берегу. Волна начинает взаимодействие с берегом на периферии и концентрируется в центральной части бухты.

В результате расчета наката волны были получены значения дальности зоны затопления сухого берега и величина вертикального заплеска для каждой точки побережья в разные моменты времени. На рисунке 1 графически изображено положение уреза спустя 15 минут после начала наката цунами на сухой берег. Данное положение уреза определяет зону максимального заплеска. В связи с особенностями рельефа берега и кривизны береговой линии откат происходит неравномерно по времени. Как видно из рисунка, при заданном направлении подхода волны цунами фаза отката сначала начинается в южной части бухты, а затем в северной.

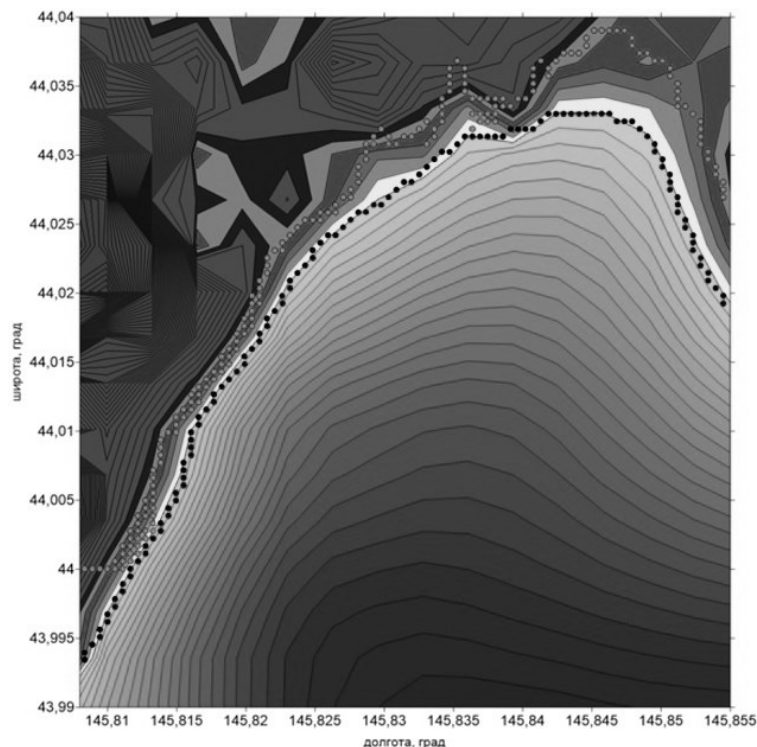


Рис. 1. Перемещение уреза при накате волны на побережье Южно-Курильской бухты. Точками схематично обозначено положение уреза: темными – в начальный момент времени, светлыми – спустя 15 минут.

Использованная двухмерная модель позволяет учитывать распространение волны в продольном и поперечном направлениях относительно подхода волны, особенности рельефа береговой линии, а также возможность интерференции падающих и отраженных волн в условиях сложной береговой линии, что приводит в некоторых случаях к уменьшению или увеличению критических значений.

В среднем по бухте критическое значение высоты вертикального заплеска колеблется от 4 до 6 м. При этом дальность заплеска в южной части бухты составляет 200 – 400 м, в центральной

части 500 – 800 м, а в северной достигает 1100 м. Наибольшая дальность заплеска достигается в северной части бухты, образованной Южно-Курильским перешейком.

При южном подходе пгт. Южно-Курильск в меньшей степени подвержен воздействию цунами в силу морфологии берега. Поэтому была смоделирована ситуация подхода волны цунами восточного направления.

При подходе волны восточного направления сильнее всего страдает мыс Заводской, на котором расположен пгт. Южно-Курильск. Северная часть Южно-Курильской бухты экранируется выступающим мысом.

На рисунке 2 приведена схема перемещения уреза при накате волны на берег мыса Заводской. При данном направлении подхода волны больше всего воздействию цунами подвергается оконечность выступающего мыса Заводской. На восточной оконечности мыса, высота вертикального заплеска достигает 8 м, но из-за сильного уклона рельефа берега волна не продвигается дальше 200 м. В северо-западном направлении величина уклона уменьшается, а воздействие волны ослабевает, в результате высота вертикального заплеска изменяется в северо-западном направлении от 5 до 3 м, а дальность заплеска от 400 до 300 м соответственно.

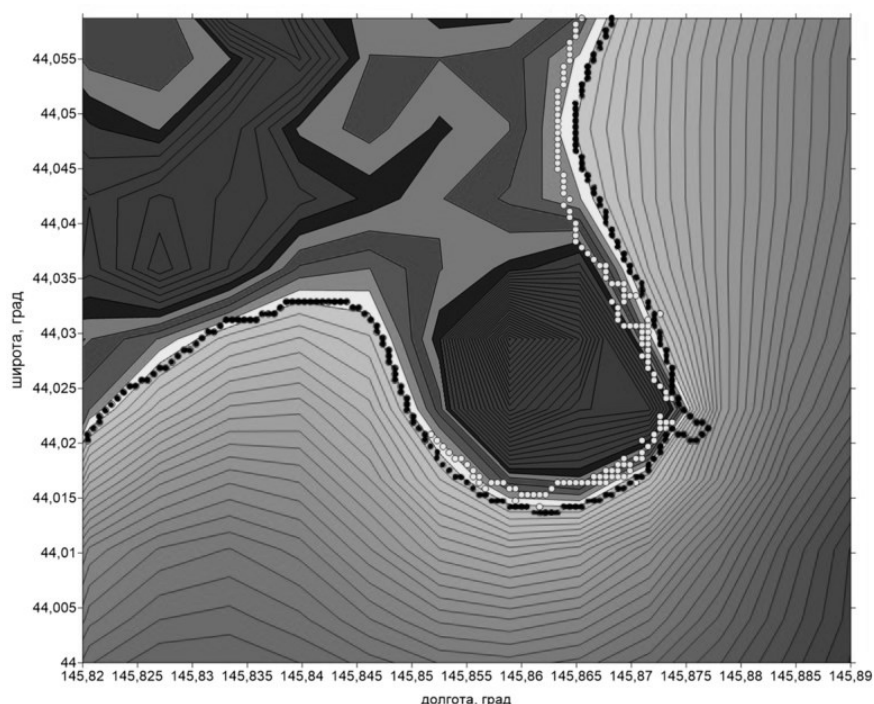


Рис. 2. Перемещение уреза при накате волны на побережье мыса Заводской пг. Южно-Курильск. Точками схематично обозначено положение уреза: темными – в начальный момент времени, светлыми – спустя 15 минут.

Полученные в ходе моделирования карты мелкомасштабного цунамирайонирования сопоставимы с приведенными в работе [3] картами цунамирайонирования южных Курильских островов на основе данных повторяемости раз в сто лет. Полученные в ходе моделирования карты распределения максимальных значений дальности заплеска демонстрируют более высокую степень детализации в условиях сложного рельефа.

Литература

1. Significant Earthquakes [электронный ресурс] / U.S. Geological Survey. – Режим доступа: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>
2. Global Multi-Resolution Topography Data Synthesis острова [электронный ресурс] / Open Topography. – Режим доступа: <http://opentopo.sdsc.edu/>
3. Кайстренко В.М. Количественная оценка цунамиопасности и карты цунамирайонирования [текст] // *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. – 2017. Том 10. – № 3. – с. 39-55.