

УДК 624. 131

Г. Л. Кофф, доктор геол.-мин. наук, профессор, главный научн. сотрудник
О. В. Борсукова, канд. геол.-мин. наук, старший научн. сотрудник
И. В. Чеснокова, доктор геол.-мин. наук, ведущий научн. сотрудник
О. В. Попова, канд. геол.-мин. наук, старший научн. сотрудник
Институт Водных проблем РАН, Москва
ул. Губкина, 3, Москва, 119333, Россия

АНАЛИЗ ПРОТЕКАНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЙ НАВОДНЕНИЯ, ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ЦУНАМИ НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ О. ХОНСЮ (ЯПОНИЯ) И ОТЗВУКИ ЭТИХ ПРОЦЕССОВ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ (РОССИЯ)

Весной 2011 г. Япония подверглась воздействию землетрясения магнитудой 9 баллов с эпицентром в Тихом океане восточнее о. Хонсю, в 130 км к востоку от г. Сендай. Это сильнейшее землетрясение в известной истории Японии повлекло за собой мощную волну цунами, обрушившуюся на северо-восточное побережье о. Хонсю и принесшую значительные разрушения и человеческие жертвы. Таким образом, прибрежные территории и сооружения продемонстрировали весьма слабую защищенность от воздействия волн цунами. Уязвимость к волновому воздействию различается в зависимости от инженерно-геологических особенностей территорий.

Ключевые слова: берегозащита, риск, ущерб, уязвимость, цунами.

ВВЕДЕНИЕ

11 марта 2011 г. Япония подверглась воздействию землетрясения магнитудой 9 баллов с эпицентром в Тихом океане восточнее о. Хонсю, в 130 км к востоку от г. Сендай. Это сильнейшее землетрясение в известной истории Японии повлекло за собой мощную волну цунами, обрушившуюся на северо-восточное побережье о. Хонсю и принесшую значительные разрушения и человеческие жертвы. Наличие плоской низкой морской террасы и многочисленных устьев рек безусловно способствовало высокому и широкому заплеску волны цунами. Склоны, прорезанные оползневыми распадками, провоцировали повышенную сотрясаемость территории. Речные долины таких рек как Нанокита, Натори, Фунаока и др. способствовали углублению и лучшему распространению волн цунами. Многочисленные болота в долинах р. Абукумы, Манакиты и других рек ухудшали инженерно-геологические условия местности. Обилие населенных пунктов на низкой голоценовой террасе, покрытой крупными озерами (Огаваро, Такахоко и др.) повышало ущерб от волн цунами. Близость Японского желоба определила быстроту распространения волн цунами и их повышенное количество в единицу времени.

Эти факторы непременно следовало учесть при разработке территориальных планов застройки территории и планировании защиты от опасных процессов и готовности к спасению населения при землетрясениях и цунами. Таким образом, столь сильные разрушения и столь многочисленные человеческие жертвы были бы предотвращены, если бы перед стихийным бедствием и, разумеется, перед застройкой, было бы выполнено районирование территории по риску цунами с выделением участков распространения наиболее ущербобразующих факторов, к

числу которых относятся: пологий береговой склон, неблагоприятная экспозиция береговых участков по отношению к эпицентру цунамигенного землетрясения, наличие пляжа и широкой первой террасы, наличие речных долин, а также высокая степень открытости залива.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цунами и землетрясения при формировании ущерба испытывают влияние управляющих признаков [1]: литогенной основы, физико-географического положения населенных пунктов, поверхностной гидросферы, а также типа застройки и элементов инфраструктуры включая дороги, плотность застройки, экспозицию застройки и линейных объектов по отношению к эпицентрам цунамигенных землетрясений. При проведении статистической обработки данных авторы использовали метод «генератор гипотез». Исходные данные были представлены в бинарной системе, что позволило упростить поиск вероятности определенных событий в зависимости от сочетаний управляющих признаков – причин. В качестве событий рассматривались степень разрушений зданий и сооружений, в том числе трубопроводов. Диагностическая матрица [2] представлена в виде вероятностного дерева (рисунок 1).

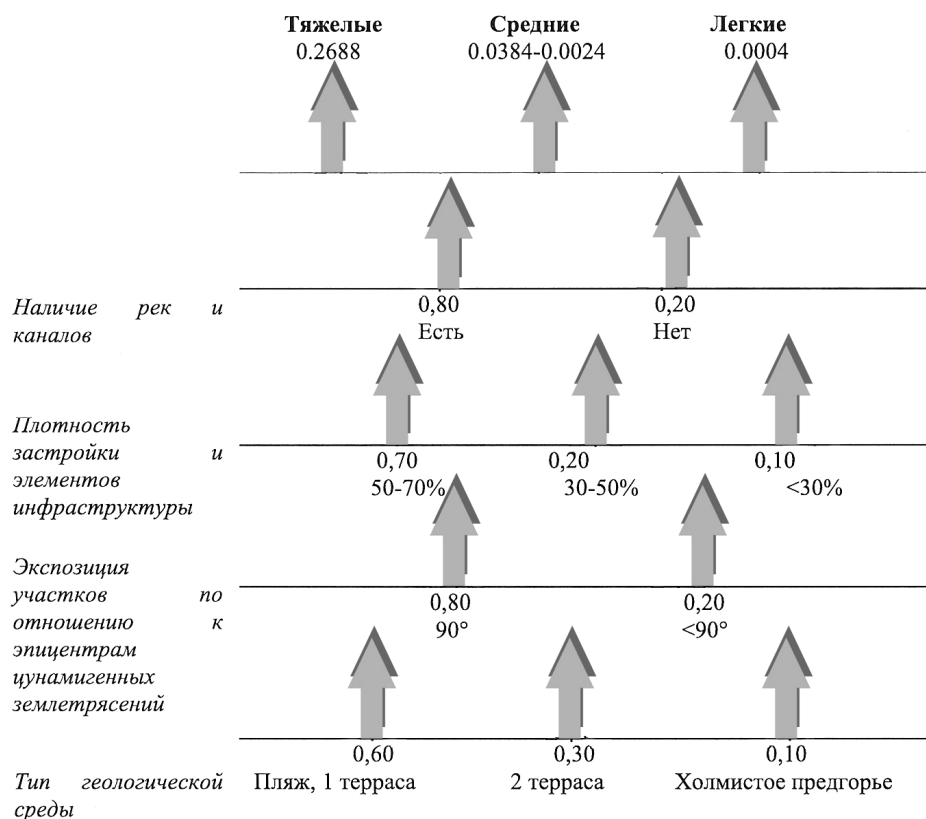


Рис. 1. Вероятностное дерево факторов риска цунами на восточном побережье о. Хонсю

Из факторов риска ущерба цунами для исследуемой территории на данном этапе рассматривались следующие (рис.1): тип геологической среды, экспозиция берега по отношению к эпицентру цунами, плотность застройки и инфраструктуры, наличие русел рек и каналов, способствующих продвижению волны вглубь суши.

На изученной территории выделено 3 основных типа геологической среды:

1) первая аккумулятивная морская терраса, морфологически представляющая пляж;

2) вторая аккумулятивная морская терраса, превышающая пляж на 2-4 метра; Эта терраса делится на участки шириной от 15-40 до 50-100 метров, ширина и высота участков зависит от аккумуляции переносимого вдоль берега песчано-галечникового материала, а также по степени размыва и разрушения берега волнами;

3) к третьему типу геологической среды относятся низкогорья, характеризующиеся холмистым рельефом.

Террасовый комплекс и низкогорья прорезаются речными долинами и искусственными каналами. Пространственное расположение элементов вероятностного дерева сопровождается указанием вероятности проявления соответствующих признаков. Последовательность выделения на вероятностном дереве управляющих признаков от наиболее влиятельных до наименее влиятельных с позиции ущерба-образования. Каждый признак оценивается вероятностями встречаемости в пределах тех или иных территорий. Так, с вероятностью 0,6 деформированные здания расположены на пляже и первой морской террасе, а с вероятностью 0,8 – вблизи реки или канала. Вероятностное дерево завершается «кроной» подразделенной вероятностной характеристикой распространения разрушенных или поврежденных объектов: зданий, фрагментов трубопроводов, а также движимыми объектами (автомобилями, кораблями и др.).

Вторым по влиятельности фактором в дереве является экспозиция соответствующих объектов по отношению к эпицентру ближайшего цунамигенного землетрясения. Выделяется две основных группы экспонированных объектов. Первая группа характеризуется перпендикулярным расположением эпицентра цунамигенного землетрясения по отношению к объекту. Вторая – расположением эпицентра по отношению к объекту под острым углом.

Третья группа факторов объединяет ветви дерева, характеризующиеся различной плотностью застройки и инфраструктуры. Следующая факторная ветвь характеризуется наличием или отсутствием на соответствующих участках рек и каналов, способствующих наиболее широкому распространению плетяды волн цунами. Перемножение вероятностей проявления различных факторов подразделяет разрушения и повреждения объектов на тяжелые, средние и слабые.

Цунами распространилось по всему Тихому океану; во многих прибрежных странах, в том числе по всему тихоокеанскому побережью Северной и Южной Америки от Аляски до Чили, было объявлено предупреждение и проводилась эвакуация. Однако когда цунами дошло до многих из этих мест, оно вызвало лишь относительно незначительные последствия. Южных Курильских островов достигли волны цунами высотой около 1-2 метров. Согласно МЧС России, волна высотой в 3 метра достигла села Малокурильское (рис.2-6). Властями было эвакуировано 11 тысяч жителей с прибрежных территорий.



Рис.2. пляж в нижній частині пос. Южно-Курильськ після цунамі, забросившего чорний пляжний пісок на сніг. Фото І. Неведомської

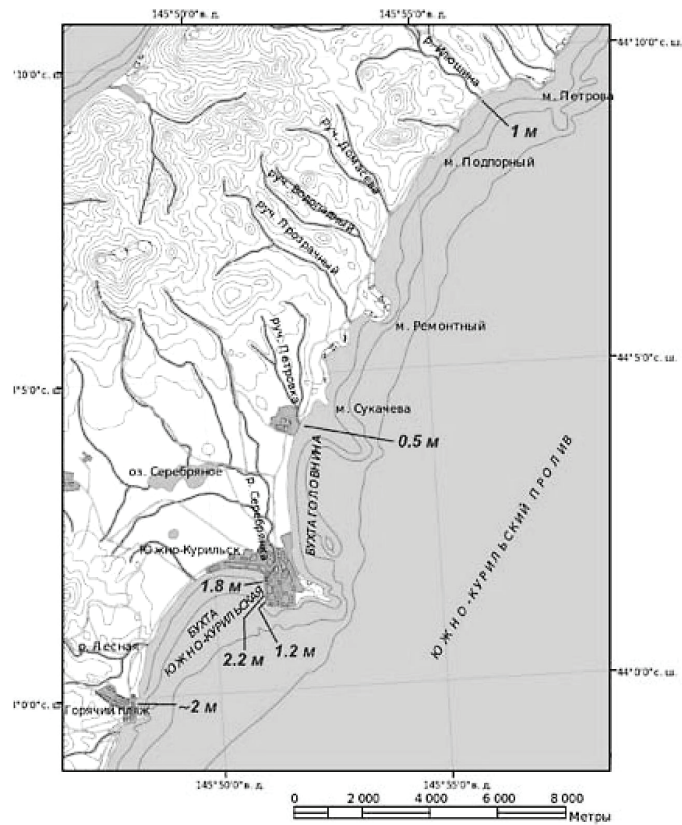


Рис. 3. Карта частини о. Кунашир з даними о заплесках цунамі відносно середнього рівня океану [3].



Рис. 4. Лед, заброшенный цунами на территорию Крабово-заводского порта.
Фото О. Волкова.



Рис. 5. Схема проявления цунами Тохоку в бухте Малокурильская.
Граница зоны затопления берега показана темно-синей линией.
Высоты заплесков соотнесены со средним уровнем в бухте.

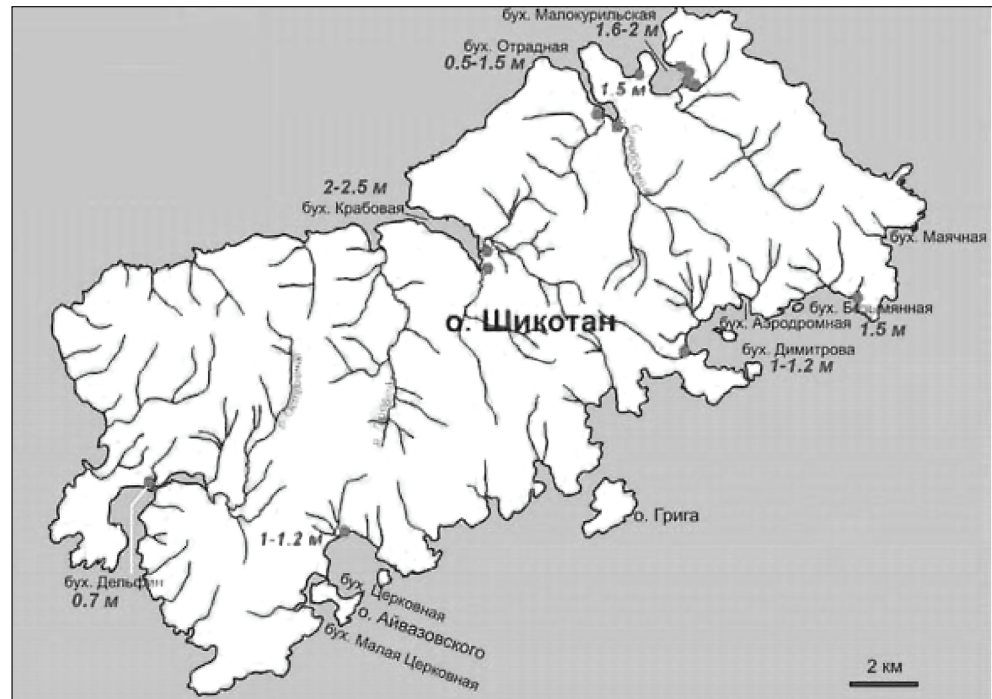


Рис. 6. Распределение высот цунами Тохоку в бухтах о. Шикотан.

ВЫВОДЫ

Качественный анализ соотношения вероятности влияния ущербообразующих факторов на проявление деформаций показал следующий убывающий по степени влияния ряд: тип геологической среды – плотность застройки и коммуникаций, в том числе дорог – амортизация (физический износ) – влияние близости подземных сооружений – режим грунтовых вод – влияние сейсмичности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кофф Г. Л. Оценка риска цунами / Г. Л. Кофф, К. С. Ганзей К. С. Изд-во Дальнаука, Владивосток, 2007.
2. Кофф Г. Л. Анализ деформаций исторических зданий и сооружений и первоочередные меры по уменьшению ущерба (на примере городов провинций Италии Фриули-Венеция-Джулия и Венето) / Г. Л. Кофф, И. В. Заигрин, О. В. Борсукова, О. В. Попова. ПОЛТЕКС, М., 2004
3. Кайстренко В. М. Проявления цунами Тохоку 11 марта 2011г. на тихоокеанском побережье России / В. М. Кайстренко, Г. В. Шевченко, Т. Н. Ивельская // Вопросы инженерной сейсмологии, 38 (2011), 1 (1 квартал).

Статья поступила в редакцию 25.06.2013

Г. Л. Кофф, доктор геол.-мін. наук, професор

О. В. Борсукова, канд. геол.-мін. наук

І. В. Чеснокова, доктор геол.-мін. наук

О. В. Попова, канд. геол.-мін. наук

Інститут Водних проблем РАН, Москва

**АНАЛІЗ ПРОТІКАННЯ ТА НАСЛІДКІВ ПОВЕНІ, ЗЕМЛЕТРУСУ
І ЦУНАМІ НА СХІДНОМУ УЗБЕРЕЖЖІ О. ХОНСЮ (ЯПОНІЯ)
І ВІДГОМІН ЦИХ ПРОЦЕСІВ НА КУРИЛЬСЬКИХ ОСТРОВАХ
(РОСІЯ)**

Резюме

У березні 2011 р. Японія була вражена землетрусом у 9,0 балів. Оцінка ризику виявила найнебезпечніші фактори: низький береговий схил, експозиція берегової лінії до епіцентру цунамійного землетрусу, наявність пляжу і широкої першої тераси, наявність річкових долин і відкриті бухти.

Ключові слова: захист берегів, ризик, шкода, вразливість, цунамі.

G. L. Koff, doctor of geology, professor

O. V. Borsukova, PhD geology,

I. V. Chesnokova, doctor of geology,

O.V.Popova, PhD geology.

Institute of Water Problems of RAS, Moscow

**ANALYSIS OF THE COURSE AND CONSEQUENCES OF FLOODS,
EARTHQUAKES AND TSUNAMI ON THE EAST COAST OF HONSHU
(JAPAN), AND THE ECHOES OF THESE PROCESSES ON THE
KURIL ISLANDS (RUSSIA)**

Summary

On March 2011 Japan was struck by an 9.0 earthquake. Risk assessment should have revealed the most dangerous factors: the low coastal slope, the exposure of the coastline to the epicenter with the tsunami risk, the existence of the beach and broad first terrace, riverbeds and the open bay.

Keywords: coastal protection, risk, damage, vulnerability, tsunami.