

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

Институт Водных проблем РАН, Москва

ул. Губкина, 3, Москва, 119333, Россия

**О.В. Павленко**, доктор геол.-мин. наук, ведущий научн. сотрудник

Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва

Б. Грузинская ул., 10, стр. 1, Москва, 123995, Россия

## ОЦЕНКА РИСКА ЦУНАМИ НА ПОВЕРЕЖЬЯХ ОХОТСКОГО И ЯПОНСКОГО МОРЯ В РОССИИ

Рассматриваются вопросы формирования риска цунами на побережье южных регионов Дальневосточного федерального округа. В качестве факторов риска используются такие характеристики, как взаимное расположение эпицентров цунамигенных землетрясений и берегов, подводный рельеф побережья, степень закрытости исследуемых бухт, наличие или отсутствие пляжа и широкой первой морской террасы, характеристики впадающих в изучаемые берега устьев рек. Исследованные факторы подвергнуты экспертным оценкам с учетом степени их влияния на формирование риска цунами.

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

### ВВЕДЕНИЕ

Морские побережья Хабаровского края и Приморья относятся к 6-9 балльным зонам сейсмической опасности. При сейсмическом районировании ОСР-97 территория Приморского края отнесена к 6-7 балльным зонам, при средних периодах повторяемости для 6-балльных зон  $T = 1000$  лет, 7-балльных зон  $T = 5000$  лет, а территория Хабаровского края к 8-9 балльным зонам при средних периодах повторяемости для зон с магнитудой  $M = 7.5$   $T = 100 - 120$  лет.

В 1993 и 1986 гг. на побережьях наблюдались волны цунами, охватившие в Приморском крае 17 бухт. Тем не менее, в Хабаровском крае исследования этих цунами не проводились. Так же наводнения прибрежных зон из-за цунами наблюдались в поселке Морьяк-Рыболов, заливе Опричник, поселке Каменка, заливе Рында, бухте Морьяк-Рыболов (рис.1), бухте Преображения (рис. 2), бухте Валентин [1].

**Цель работы** состоит в оценки значимости зональных и локальных факторов формирования параметров риска цунами на побережье южных регионов Дальневосточного федерального округа России.

### МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее вероятны землетрясения с очагами, приуроченными к двум линейным с максимальной возможной магнитудой  $M = 7.5$ : период повторяемости таких сильных событий оценивается всего в 100-120 лет.

Сравнительно близкие к поверхности очаги и высокие значения магнитуд показывают, что раз в 100-120 лет на всём протяжении Охотоморского побере-

жья Хабаровского края возможно генерирование волн цунами с высотой от 4-5 до 8-10 метров. Это подтверждается высотой волн цунами отмеченных в районе острова Монерон между Сахалином и Охотоморским побережьем Хабаровского края.



*Рис. 1. Центральная и южная часть бухты Моряк-Рыболов.  
Бухта была затоплена цунами с высотой заплеска 4 м (1983 г.).  
В зоне затопления свыше сорока одно-двух этажных зданий.*

Оценка риска цунами производилась по методике, предложенной Г.Л. Коффом и др. [2]. При этом учитывались следующие характеристики: характер подводного берегового склона, экспозиция берега по отношению к цунами, наличие пляжа или I морской террасы, наличие речных долин в тыловой части бухты, степень открытости бухты.

В целом залив Находка и залив Восток имеют одинаковые показатели цунамиопасности -28,2 балла. Однако в пределах этих заливов выделяются отдельные бухты, имеющие повышенные оценки риска цунами. В заливе Находка, к ним относятся бухты Попова, Новицкого и Мусатого. В заливе Восток наибольшую цунамиопасность имеют бухты Гайдамак, Средняя, Подосенова. Необходимо отметить, что бухты в заливе Восток имеют более высокие значения показателей опасности проявления цунами. Из бухт, не входящих в данные заливы, следует отметить бухты Врангеля, Ливадия, Анны, Открытая. С нашей точки зрения максимального проявления волн цунами следует ожидать в бухтах Гайдамак, Подосенова.

Условно по степени цунамиопасности можно выделить три группы бухт: низкая (до 26 баллов), средняя (26-34 балла) и высокая (более 34 баллов) опасность. К первой группе относится бухта Находка [3], что связано с ее закрытостью от предполагаемого направления распространения волны. Ко второй группе относятся бухты Козьмино, Тунгус, Попова, Проголочная, Прозрачная, Козина, Литовка, Восток, Рифовая и оз. Лебедино. В третью группу входят бухты Врангеля, Подосенова, Средняя, Гайдамак, Ливадия, Анна, Открытая. Определяющими факторами

их повышенной цунамиопасности являются крутой подводный склон и открытость бухт к предполагаемому направлению распространения волн цунами.

Авторами выполнена оценка значимости зональных и локальных факторов формирования параметров риска цунами: высоты заплеска волны цунами над урезом и величины горизонтального заплеска. Работа выполнена с помощью корреляционного и регрессионного анализа по пяти выборкам:

Выборка 1, включает все семнадцать бухт исследованные авторами в июне 2009 года.

Выборка 2, так называемый первый кластер включающий бухты в Заливе Петра Великого.

Выборка 3, второй кластер бухты на восточном, северо-восточном побережье Приморского края, расположенные ближе всего к эпицентрам цунамических землетрясений.

Выборка 4, бухты третьего кластера расположенные на удалении от эпицентров цунамических землетрясений.

Выборка 5, группа бухт характеризующихся наиболее существенными значениями высоты заплеска и горизонтального заплеска (Валентин, Моряк-Рыболов, Рудная Пристань, Каменка и Пластун, Терней и Джигит).



*Рис.2. Бухта Преображение. Бухта закрытая, заплеск волны цунами в 1983 г. - 1,5 м. В зоне влияния цунами первая морская терраса шириной до 25 м.*

Первая выборка, включающая бухты, существенно различные по сейсмологическим, геоморфологическим, тектоническим и гидрогеографическим параметрам. Естественно, что коррелятивные зависимости оказались не высокими. Так, на высоту заплеска существенно влияет лишь гидролого-геоморфологический фактор. Тем не менее, и в этой выборке прослеживается параболическая зависимость меж-

ду суммами факторов и величинами горизонтального и вертикального заплеска. При анализе зависимости в кластере 1 следует принять во внимание извилистость Залива Петра Великого и наличие многочисленных денферов, в виде извилистых заливов второго и третьего порядков и островов. В этом кластере более существенной, оказалась роль речных долин в тыловой части бухт. Более яркими оказались зависимости между факторами риска цунами и параметрами цунами.

Так во втором кластере весьма информативными оказались зависимости между параметрами цунами с одной стороны и двумя факторами риска: характером подводного берегового склона и наличием речной долины тыловой части бухты. В этом кластере оказался весьма существенным коэффициент множественной корреляции между горизонтальными заплесками и суммой факторов. Однако наиболее существенными оказались корреляционные зависимости между параметрами цунами наиболее цунамиопасных бухт и факторами риска. Здесь наибольшую роль играет наличие на фронте бухты пляжа или широкой первой террасы, а также экспозиция берегового участка по отношению к коэффициенту цунамигенного землетрясения. Но наиболее существенно, как и в других кластерах, наличие в бухте пляжа или широкой первой террасы.

## ВЫВОДЫ

Впервые для указанных территорий выполнена характеристика цунамиопасности побережий. Анализ полученных материалов позволил выделить наиболее цунамиопасные зоны и рекомендовать использование определенных участков из планируемой застройки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кофф Г. Л. Оценка риска цунами / Г. Л. Кофф, К. С. Ганзей К.С. Изд-во Дальнаука, Владивосток, 2007.
2. Иващенко А. П. Шикотанское цунами 5 октября 1994 г. / А. П. Иващенко, В. К. Гусяков, Джумагалиев и др // доклады РАН, 1996.
3. Г. Л. Кофф. Оценка воздействия опасных природных процессов на территории Находкинского городского округа / Г. Л. Кофф, С. С. Ганзей, А. И. Иващенко, А.Т. Беккер // Владивосток, Дальнаука, 2007.

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

Інститут Водних проблем РАН, Москва

**О. В. Павленко**, доктор геол.-мін. наук

Інститут фізики Землі ім. О. Ю. Шмідта РАН, Москва

## ОЦІНКА РИЗИКУ ЦУНАМІ НА УЗБЕРЕЖЖЯХ ОХОТСЬКОГО І ЯПОНСЬКОГО МОРЯ В РОСІЇ

Оцінка ризику цунамі була зроблена за методикою, запропонованою Г. Л. Коффом. Наступні характеристики були прийняті до уваги: характер подводного берегового схилу, експозиція берега по відношенню к цунамі, наявність пляжу або І морської тераси, наявність річкових долин в тиловій частині бухти, ступінь відкритості бухти.

**Ключові слова:** ризик, збиток, вразливість, цунамі.

**G. L. Koff**, doctor of geology, professor

**O. V. Borsukova**, PhD geology

**I. V. Chesnokova**, doctor of geology

Institute of Water Problems of RAS, Moscow

**O. V. Pavlenko**, doctor of geology

Institute of Physics of the Earth, Schmidt Russian Academy of Sciences

## RISK ASSESSMENT OF THE TSUNAMI ON THE SHORES OF THE SEA OF OKHOTSK AND THE SEA OF JAPAN IN RUSSIA

### **Summary**

Risk assessment of the tsunami produces by the method proposed by G. Koff et al. The following characteristics was taken into account: the nature of the underwater coastal slope, exposure, banks in relation to the tsunami, the presence of the beach or I marine terrace, etc.

**Keywords:** risk, damage, vulnerability, tsunami.