

Численное моделирование распространения и усиления волн цунами у Крымского полуострова и северо-восточного побережья Черного моря

Линейная модель длинных волн применена для оценки параметров волн цунами вдоль Южного берега Крыма, в прикерченской зоне и у северо-восточной части побережья Черного моря. Исследование проведено численно для 24 вероятных положений эллиптических зон генерации на материковом склоне бассейна. Амплитудные характеристики цунами рассчитаны для 27 пунктов Черноморского побережья. Показано, что возможно существенное усиление волн цунами при распространении к берегу. Волны наибольшей высоты образуются в ближайшем к сейсмическому источнику пункте побережья. Рассмотрена зависимость интенсивности цунами вдоль Черноморского побережья от положения сейсмического источника и его магнитуды.

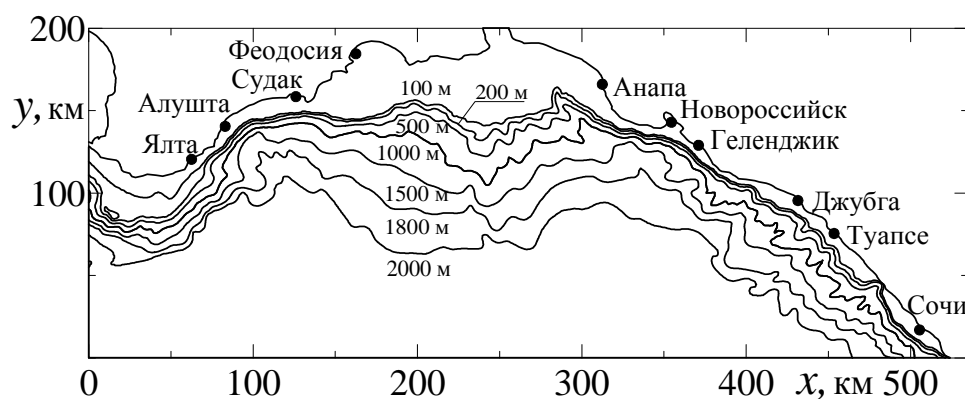
По оценкам разных авторов, в Черном море отмечено 20 – 22 случая аномальных колебаний уровня, которые можно отнести к явлению цунами [1 – 6]. Согласно этим данным, оно наблюдалось в различное время практически вдоль всего побережья и вызывалось землетрясениями в море и на суше. Только для четырех землетрясений XX в. цунами зарегистрировано мареографами в нескольких пунктах крымского и кавказского участков морского побережья [6 – 10]. Эти события не представляли серьезной опасности для населенных пунктов и объектов хозяйственной деятельности в береговой зоне, поскольку высоты волн в точках измерения не превысили 0,52 м. Однако было бы ошибочно считать, что сильные цунами в Черном море не возникали. Исторические свидетельства говорят о том, что аномальные изменения уровня в районах Сухуми (20 г.), Севастополя (103 г.), Варны (543 г.), пролива Босфор (557 г.), Евпатории (1341 г.), Фороса (1427 г.), на севере Турции (1598 г.) и у восточного побережья Черного моря (1909 г.) сопровождалось морскими волнами с высотами до 2 – 3 м [1, 2] и в большинстве случаев имели катастрофические последствия для населения и хозяйственных объектов прибрежных районов.

Интерес к более глубокому изучению черноморских цунами усилился в последние несколько лет в связи с планами создания региональной системы раннего предупреждения о черноморских цунами как составной части общеевропейской наблюдательной системы. В июне 2005 г. на двадцать третьей сессии Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО в Париже было принято решение об образовании Межправительственной координационной группы по созданию системы раннего предупреждения и уменьшения последствий цунами в Северо-Восточной Атлантике, Средизем-

ном море и прилегающих морях (*ICG/NEAMTWS*). В сферу интересов группы включено и Черное море [11]. Это и аналогичные решения по созданию наблюдательных систем в Индийском океане и Карибском бассейне явились реакцией мирового сообщества на разрушительное цунами 26 декабря 2004 г. в Юго-Восточной Азии.

Небольшой объем данных измерений и относительно слабые проявления зарегистрированных волн цунами вдоль берега не позволяют дать истинные оценки цунамиопасности Черноморского побережья. Единственная возможность анализа закономерностей распространения цунами в бассейне Черного моря, получения новой количественной информации и оценок высот волн вдоль побережья – это разработка региональных численных моделей и проведение вычислительных экспериментов по распространению волн из наиболее вероятных зон их сейсмической генерации. Применительно к Черному морю результаты таких расчетов в рамках двумерных моделей длинных волн представлены в работах [12 – 15] для сеточных областей с различными пространственными шагами. Ниже использована эволюционная численная модель с разрешением 500 м и с большей детальностью, чем это делалось ранее, исследованы свойства и характеристики волн цунами вдоль Южного берега Крыма, в прикерченской зоне и у северо-восточной части побережья Черного моря.

Постановка задачи. Рассматривается показанная на рис. 1 область Черного моря, ограниченная как береговыми (твердыми), так и свободными (жидкими) границами. Твердые границы – это Южный берег Крыма и северо-восточная часть Кавказского побережья. Область охватывает открытую часть моря с глубинами ~ 2000 м, материковый склон с глубинами от 2000 до 100 м и, наконец, шельфовую зону с глубинами менее 100 м. Выделенная часть моря является расчетной областью численной модели распространения цунами.



Р и с. 1. Исследуемый географический район Черного моря

Батиметрия бассейна и рельеф местности задавались на прямоугольной сетке 1055×389 точек с пространственным шагом 500 м. На твердых границах глубина бассейна составляла 5 м.

Ниже для описания двумерного распространения цунами в бассейне переменной глубины использована линейная модель поверхностных длинных волн, что оправданно при глубинах моря в расчетной области более 5 м. За-

дача о генерации волн заменена эволюционной, в которой реакция морской среды на подводное землетрясение задается в виде начального смещения поверхности моря, повторяющего распределение остаточных смещений дна бассейна после землетрясения. Начальное поле скорости отсутствует.

Движение жидкости описывается системой уравнений

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + gH\nabla\zeta = 0, \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{V} = 0 \quad (1)$$

с условием скольжения (непротекания)

$$V_n = 0 \quad (2)$$

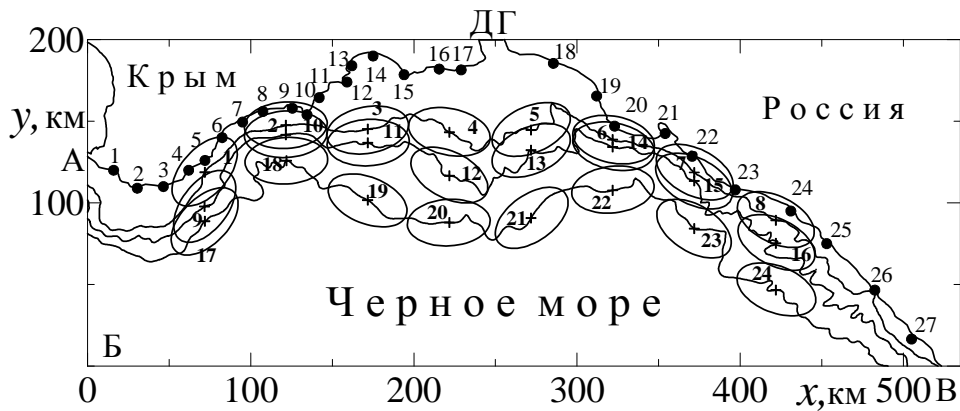
на твердых береговых участках границы ВГ, ДА (рис. 2), условием свободного выхода волн из расчетной области через жидкие участки границы АБ, БВ, ГД

$$\frac{\partial V_n}{\partial t} - C \frac{\partial V_n}{\partial n} = 0 \quad (3)$$

и начальными условиями

$$\mathbf{V} = 0, \quad \zeta = \zeta_0(x, y) \quad (t = 0). \quad (4)$$

Здесь x, y – зональная и меридиональная координаты; t – время; $\mathbf{V}(x, y, t) = (Hu, Hv)$ – полный горизонтальный поток жидкости, (u, v) – проекции осредненной по глубине горизонтальной скорости течения на оси x и y ; $\zeta(x, y, t)$ – смещение поверхности моря от горизонтального положения; $V_n = \mathbf{V} \cdot \mathbf{n}$ – проекция полного потока на внутреннюю нормаль, \mathbf{n} – внутренняя нормаль к границе расчетной области; $\zeta_0(x, y)$ – начальное смещение поверхности жидкости, вызванное подводным землетрясением; $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y)$; $H(x, y)$ – глубина бассейна при невозмущенной свободной поверхности моря; $C = \sqrt{gH(x, y)}$ – локальная скорость распространения линейных длинных волн; g – ускорение свободного падения.



Р и с. 2. Расчетная область АБВГДА численной модели эволюции цунами с указанием 27 береговых пунктов для анализа расчетных мареограмм и 24 эллиптических зон сейсмической генерации волн ($M = 7$), использованных в вычислительных экспериментах

Начальное смещение уровня моря, вызванное подводным землетрясением, задавалось сосредоточенным в эллиптической области с большой и малой осями L и W соответственно [16]. Длины осей эллипса зависят от магнитуды землетрясения M . Для их нахождения использованы полученные в работе [17] обобщенные эмпирические зависимости для евразийского региона:

$$L = W, \lg L = 0,24M - 0,16 \quad (M < 6,5), \quad (5)$$

$$\lg L = 0,6M - 2,5, \lg W = 0,15M + 0,42 \quad (M \geq 6,5), \quad (6)$$

где L и W задаются в километрах. Для слабых землетрясений очаги цунами являются круговыми, при $M > 6,5$ – эллиптическими.

Максимальное смещение поверхности моря a_0 (м) в зоне подводного землетрясения можно задать, используя эмпирическую формулу [18]

$$\lg a_0 = 0,8M - 5,6 \quad (6,7 \leq M \leq 8,5), \quad (7)$$

найденную по данным о цунамигенных землетрясениях в Тихом океане.

Рассчитанные по формулам (5) – (7) параметры начального возмущения уровня моря для подводных землетрясений различной магнитуды даны в таблице.

**Параметры начального смещения уровня моря
при различных значениях магнитуды землетрясения**

M	L , км	W , км	a_0 , м
6,0	19,0	19,0	0,16
6,5	25,1	25,1	0,40
7,0	50,1	29,5	1,00
7,5	100,0	35,1	2,51
8,0	199,5	41,7	6,31

Начальное смещение поверхности моря в эллиптической области с центром в точке (x_0, y_0) находилось по формулам

$$\zeta_0 = a_0 \cos^2(\pi r / 2) \quad (r \leq 1), \quad \zeta_0 = 0 \quad (r > 1), \quad (8)$$

где $r = 2\sqrt{x_1^2 / L^2 + y_1^2 / W^2}$, $x_1 = (x - x_0)\cos\alpha + (y - y_0)\sin\alpha$, $y_1 = (y - y_0)\cos\alpha - (x - x_0)\sin\alpha$, α – угол наклона большой оси эллипса к оси x , отсчитываемый против часовой стрелки.

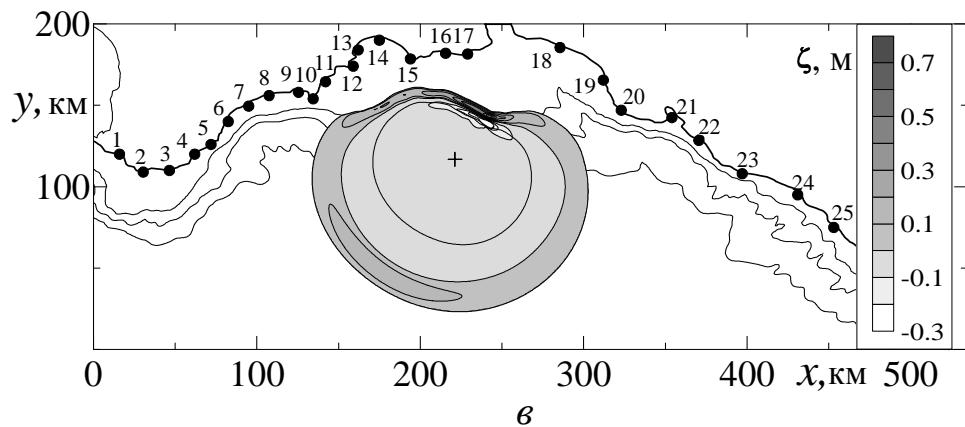
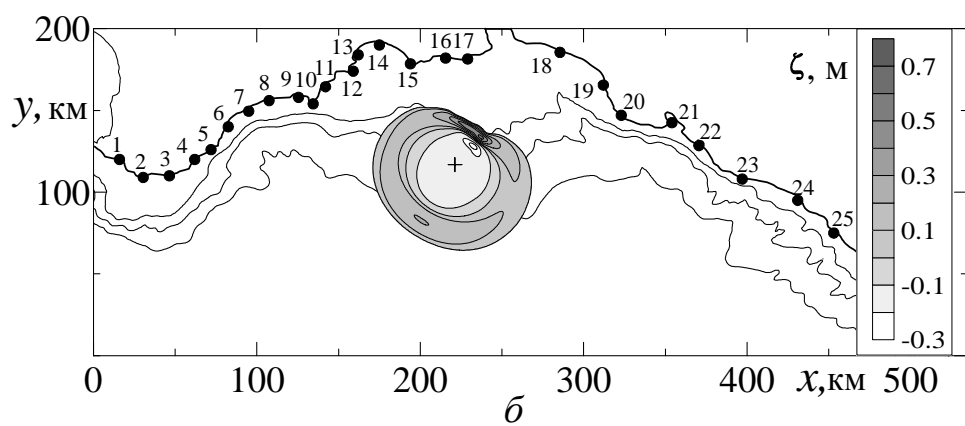
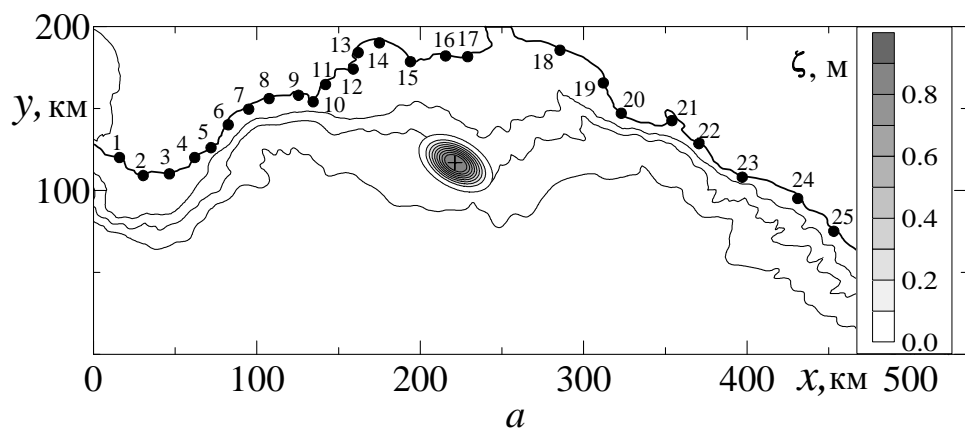
Задача (1) – (4) решалась методом конечных разностей с использованием явно-неявной одношаговой по t схемы на разнесенных для проекций скорости и смещений поверхности моря расчетных сетках [19]. Шаги интегрирования $\Delta x = \Delta y = 500$ м совпадали с шагами сетки батиметрии бассейна. По результатам вычислительных экспериментов шаг интегрирования по времени был принят равным 1 с. Модель тестирована на задаче об эволюции начального осесимметричного смещения свободной поверхности в бассейне постоянной глубины, для которой имеется аналитическое решение.

Результаты анализа. Расчеты волн цунами выполнены для 24 эллиптических очагов (рис. 2). Их центры располагались на изобатах 200 м (система очагов *A*), 1000 м (*B*) и 1800 м (*C*) материкового склона. Такой выбор положений очагов в некоторой степени мотивирован одинаковыми перепадами глубин в направлении берега, что создает почти равные исходные условия (для каждого из трех рядов очагов) с точки зрения усиления волн цунами при распространении к берегу. Большие оси всех очагов ориентированы вдоль изобат, что характерно для цунамигенных подводных землетрясений [20]. Для расчета параметров начального сейсмического возмущения моря использованы формулы (5) – (8). Очаги покрывают Южнобережно/Крымско-Кавказскую зону повышенной сейсмической активности [21, 22], которая создает наибольшую потенциальную цунамиопасность для Крымского п-ова и северо-восточного побережья Черного моря. Южнобережная сейсмоактивная зона Черноморской впадины характеризуется наибольшим выделением энергии в верхнем 15-километровом слое литосферы и значительным вкладом землетрясений с магнитудами $M \geq 5$. Очаг 1 близок к зоне сейсмической генерации цунами 26 июня 1927 г.

Характеристики волн цунами для диапазона магнитуд подводных землетрясений 6,0 – 7,5 анализировались по найденным численно мареограммам для 27 пунктов побережья (рис. 2), в том числе для пунктов 1 – Балаклава, 3 – Кацивели, 4 – Ялта, 5 – Гурзуф, 6 – Алушта, 9 – Судак, 10 – м. Меганом, 13 – Феодосия, 19 – Анапа, 21 – Новороссийск, 22 – Геленджик, 24 – Джубга, 25 – Туапсе, 27 – Сочи.

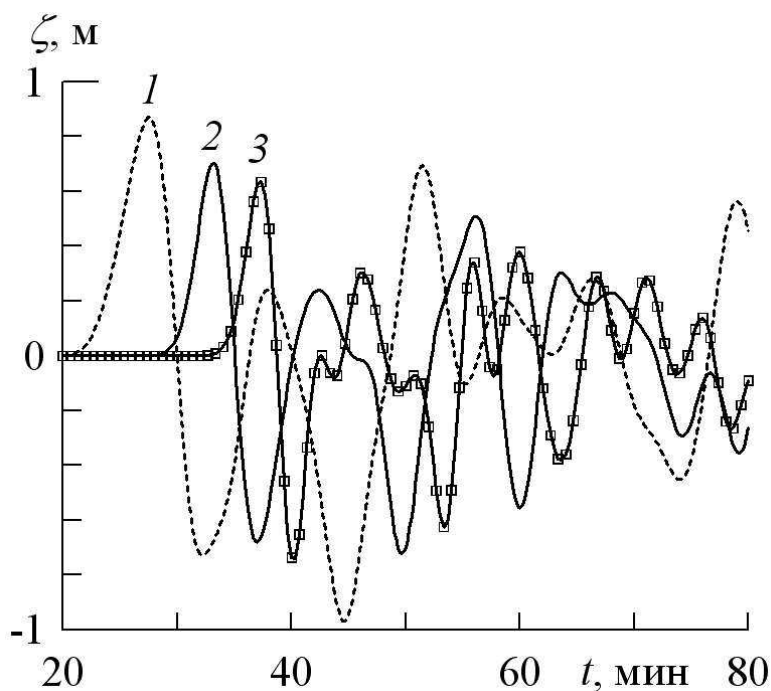
При опускании начального возвышения поверхности моря (8), показанного на рис. 3, *a*, образуются две направленные волны повышения серповидной формы, распространяющиеся в противоположных направлениях по нормали к большой оси очага цунами (рис. 3, *б*). Волна, излученная в глубоководную часть бассейна, имеет меньшую высоту, выходит через открытые границы АБ и БВ (рис. 2) и в последующем не оказывает влияния на динамику волн в расчетной области. Волна наибольшей высоты, распространяющаяся к берегу, усиливается по мере движения с уменьшением глубины бассейна, она подвержена значительной топографической трансформации (рефракции) в шельфовой зоне. Это проявляется в преобразовании серповидного гребня волны в прямолинейный, вытянутый вдоль изобат (рис. 3, *в*). При отражении волны от берега образуются захваченные шельфом знакопеременные волны, распространяющиеся вдоль берега в противоположных направлениях от зоны наката волны на береговую границу [23].

Интенсивность цунами в заданном пункте побережья зависит от положения очага цунами и магнитуды землетрясения. Вычислительные эксперименты показали, что во всех рассматриваемых береговых пунктах при $a_0 > 0$ (вертикальный подъем участка дна при землетрясении) приход первой волны цунами проявляется в повышении уровня моря.



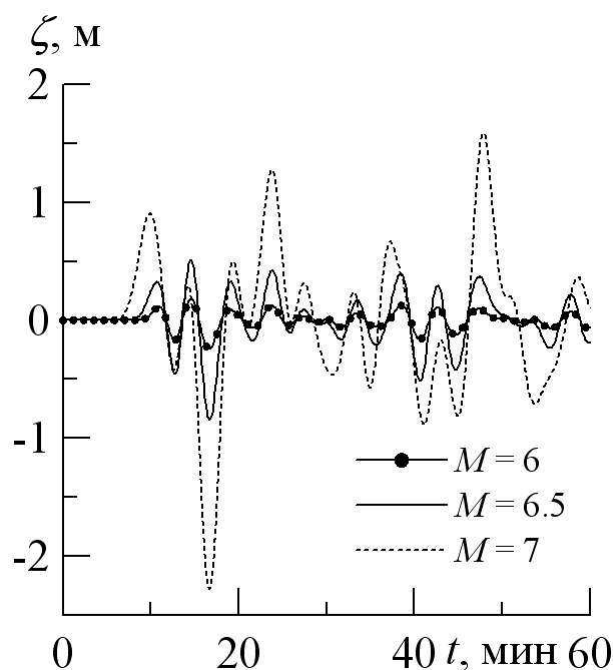
Р и с. 3. Эволюция возмущений поверхности моря в волне цунами, излученной из эллиптического очага 12 при $M=7$: $a-t=0$; $b-t=5$ мин; $v-t=10$ мин

Характерные изменения уровня моря у берега во время цунами приведены на рис. 4. Мареограммы соответствуют колебаниям уровня моря в береговом пункте 16 при землетрясениях одинаковой магнитуды в очагах 4, 12 и 20. Зоны генерации располагаются приблизительно напротив одного участка Крымского побережья, но на разном расстоянии от берега. Благодаря последнему обстоятельству время прихода первых гребней волн в п. 16 различно. Оно равно 27,5; 33,0 и 37,33 мин для очагов 4, 12 и 20 соответственно. С удалением очага от берега высоты гребней цунами убывают (0,87; 0,7 и 0,63 м) несмотря на увеличение перепада глубин в направлении берега. Это можно объяснить более сильной пространственной расходимостью волн на начальном этапе эволюции при их распространении из глубоководных очагов цунами.



Р и с. 4. Колебания уровня моря в береговом пункте 16, сопутствующие цунами при землетрясениях с магнитудой 7 в очагах 4 (кривая 1), 12 (кривая 2) и 20 (кривая 3)

Характерные мареограммы для п. 4 (Ялта), соответствующие землетрясениям в очаге 1 различной магнитуды, показаны на рис. 5. С ростом магнитуды землетрясения амплитуда волны в прибрежной зоне возрастает за счет увеличения a_0 , L и W (см. формулы (5) – (7)). Даже при одинаковом начальном подъеме поверхности моря a_0 в эпицентре происходит усиление цунами у берега за счет увеличения горизонтальных размеров очага с ростом магнитуды M .



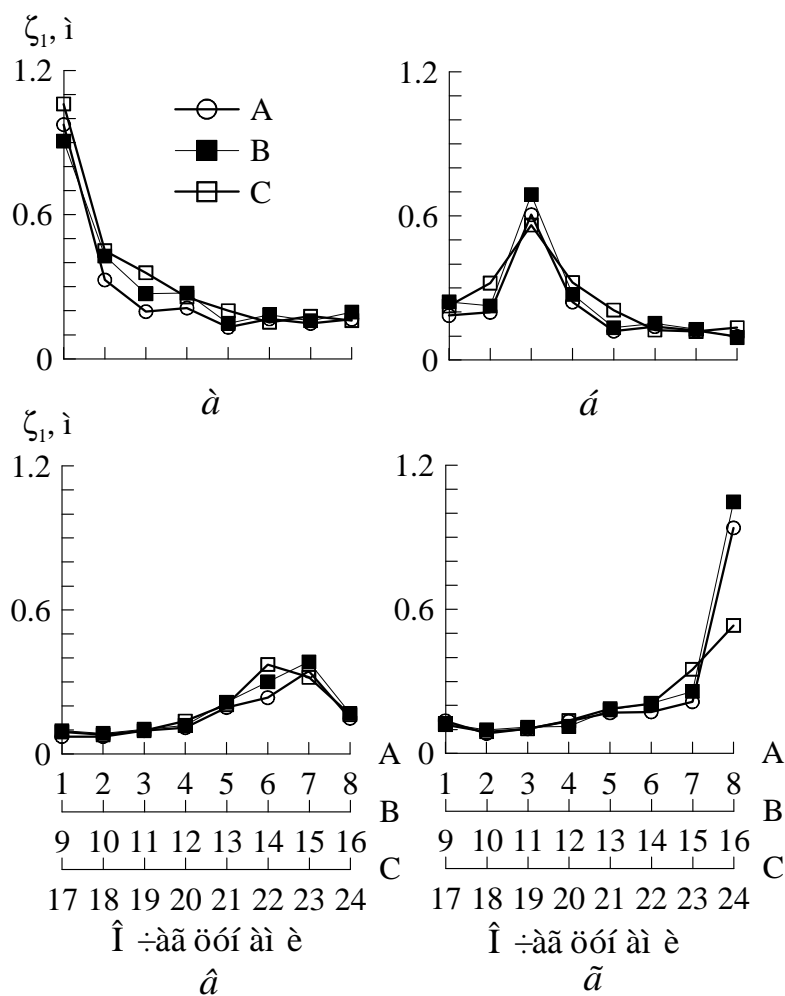
Р и с. 5. Колебания уровня моря в районе Ялты при землетрясениях различной магнитуды в очаге 1

Рис. 4 и 5 показывают, что первая волна цунами (волна повышения) не всегда является максимальной по высоте, а понижения поверхности моря в подошедшей к берегу системе волн могут быть даже более значительными, чем ее подъемы. Этот эффект ярко выражен при больших магнитудах землетрясений. Периоды колебаний уровня для приведенных мареограмм составляют 5 – 15 мин. При увеличении магнитуды землетрясения характерные периоды колебаний морской поверхности изменяются мало, но происходит уменьшение относительного вклада высокочастотных составляющих.

Важная характеристика черноморских цунами – время распространения волн от зоны генерации до берега. Для расчетных мареограмм на рис. 5 время распространения от очага 1 до Ялты составляет менее 10 мин. При магнитуде $M = 7$ максимальная высота волн на побережье (возвышение гребня над предшествующей подошвой волны) может достигать 2,78 м. С уверенностью можно говорить о достаточно высокой опасности подобных цунами для населения и инфраструктуры южного побережья Крымского п-ова.

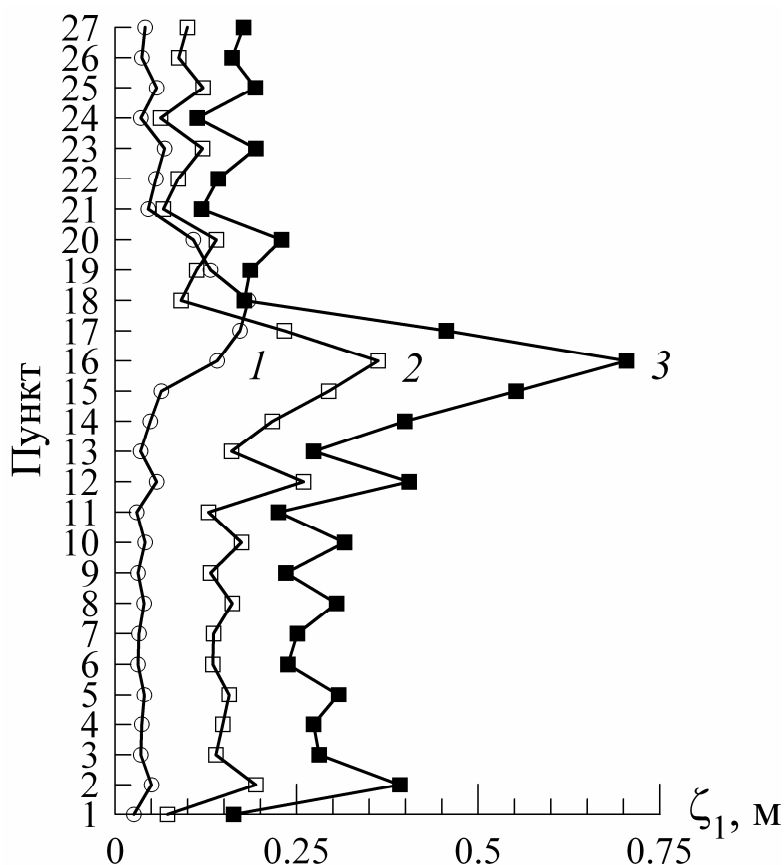
Для общей оценки уровня опасности цунами вдоль побережья необходим анализ распределений высот волн вдоль твердых границ расчетной области при различных положениях сейсмических источников. Количественную оценку цунамиопасности можно проводить, анализируя различные характеристики волн (высоту первого гребня и гребней волн в реализации, максимальную высоту волн и др.), численные значения которых зависят от длины рассматриваемого временного ряда колебаний свободной поверхности моря в конкретном пункте побережья.

Важное свойство зависимости интенсивности цунами в пунктах побережья от положения сейсмического источника генерации демонстрируют представленные на рис. 6 высоты первых гребней длинных волн ζ_1 для трех систем (A, B и C) сейсмических источников в зоне материкового склона. Оно состоит в следующем: максимальные подъемы уровня моря ζ_1 в конкретном пункте побережья генерируются тем сейсмическим источником, который наиболее близок к этому пункту. С точки зрения физики цунами представляет интерес тот факт, что все три ряда сейсмических источников, несмотря на существенное различие глубин, возбуждают волны с близкими амплитудными значениями. По всей видимости, это связано с конкуренцией двух факторов – ослаблением волн за счет пространственной расходимости и их усилением за счет увеличения перепада глубин между зоной генерации и шельфом.



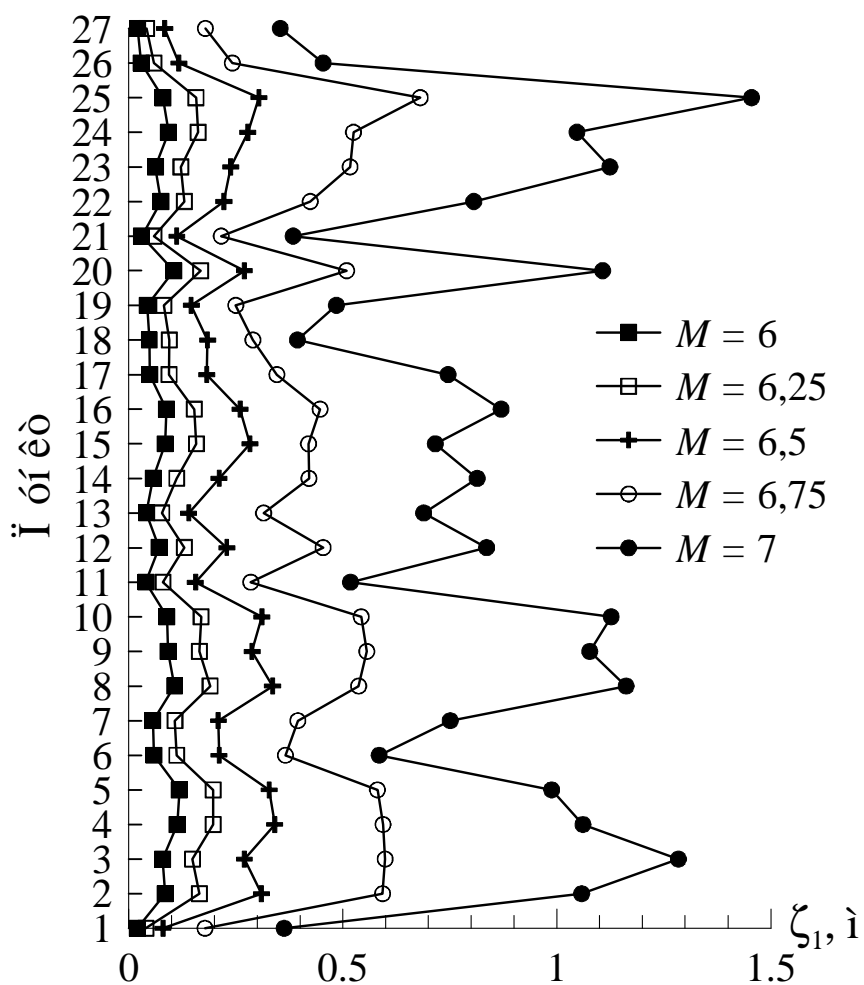
Р и с. 6. Высоты первых гребней волн цунами в п. Ялта (а), Феодосия (б), Новороссийск (в) и Джубга (з) при подводных землетрясениях с магнитудой 7 в очагах 1 – 24

Этот вывод подтверждают также рассчитанные распределения высот гребней первых волн ζ_1 вдоль побережья для заданного очага цунами (рис. 7). Максимальные подъемы уровня моря во время цунами наблюдаются именно в том береговом пункте, который наиболее близок к сейсмическому источнику генерации цунами. С ростом магнитуды землетрясения значения ζ_1 существенно увеличиваются во всех береговых пунктах, приводя к повышению уровня цунамиопасности побережья в целом.



Р и с. 7. Распределения высот ζ_1 первых гребней волн цунами вдоль побережья при землетрясениях в очаге 12 с магнитудами 6,5 (кривая 1), 6,75 (кривая 2) и 7 (кривая 3)

Обобщенные оценки интенсивности цунами, вызванных землетрясениями в Крымско-Кавказской сейсмической зоне, приведены на рис. 8 для диапазона магнитуд 6 – 7, характерного для Черноморской впадины. Это максимально возможные (для всей системы эллиптических зон генерации, показанной на рис. 2) высоты ζ_1 первых гребней волн цунами в пунктах побережья 1 – 27. Распределения высот гребней волн вдоль берега крайне нерегулярны. Участки побережья с высоким уровнем цунамиопасности перемежаются с зонами, где высоты волн цунами относительно невелики.



Р и с. 8. Максимально возможные (для всей системы эллиптических зон генерации) высоты ζ_1 первых гребней волн цунами в пунктах побережья 1 – 27 при землетрясениях различной магнитуды

Заключение. Линейная модель длинных волн применена для численного анализа цунамиопасности вдоль Южного берега Крыма, в прикерченской зоне и у северо-восточной части побережья Черного моря. Расчеты двумерного распространения цунами на сетке с шагом 500 м выполнены для 24 эллиптических зон генерации в Южнобережно/Крымско-Кавказской зоне повышенной сейсмической активности. Анализ колебаний уровня моря проведен для 27 пунктов побережья.

Благодаря сильной рефракции волн на материковом склоне и эллиптичности зон сейсмической генерации в процессе эволюции начального возмущения моря формируется распространяющаяся к берегу двумерная волна цунами. Она трансформируется и усиливается по мере распространения к берегу. Проявления цунами в виде колебаний уровня различной интенсивности наблюдаются вдоль крымского и кавказского участков побережья Черного моря.

Важное свойство черноморских цунами, установленное численно, следующее: максимальные подъемы уровня моря в данном пункте побережья генерируются в результате действия ближайшего к пункту сейсмического очага. Сейсмические источники, расположенные на различных изобатах материкового склона Черноморской впадины, возбуждают волны с близкими амплитудными характеристиками, несмотря на существенное отличие глубин моря для различных очагов цунами. Это свойство волн можно объяснить действием двух разнонаправленных факторов: во-первых, ослаблением двумерных волн за счет их пространственной расходимости; во-вторых, усилением волн за счет увеличения перепада глубин между очагом генерации цунами и шельфовой зоной.

По результатам вычислительных экспериментов определены максимальные подъемы уровня Черного моря во время цунами (по полным временным реализациям длиной 3 ч) и выделены точки побережья, для которых при магнитуде $M = 7$ подъемы уровня за этот временной период превысили 1,5 м. К ним относятся пункты побережья 3 – 5, 8, 10, 16, 20, 22 – 25 (см. рис. 2). В пунктах 4, 5, 8, 20, 22, 24 и 25 подъемы уровня моря при магнитуде $M = 7$ достигают 2,0 – 2,9 м, что в немалой степени обусловлено близостью к ним зон сейсмической генерации цунами.

Время распространения волн из зон генерации до ближайших участков морского побережья невелико. Для Ялты оно в среднем составляет 10 – 20 мин. Столь малая заблаговременность события не позволяет реализовать оперативные меры по защите населения и береговых объектов от сильных цунами на ближайших к зонам генерации участках морского побережья. Необходимы превентивные меры по снижению возможных негативных последствий этого опасного морского явления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнюков Е.Ф., Митин Л.И., Цемко В.П. Катастрофы в Черном море. – Киев: Манускрипт, 1994. – 296 с.
2. Никонов А.А. Цунами на берегах Черного и Азовского морей // Известия РАН. Физика Земли. – 1997. – № 1. – С. 86 – 96.
3. Yalçiner A., Pelinovsky E., Talipova T. et al. Tsunami in the Black Sea: comparison of the historical, instrumental and numerical data // J. Geophys. Res. – 2004. – 109, № C12023. – 13 p.
4. Соловьева О.Н., Доценко С.Ф., Кузин И.П. и др. Цунами в Черном море: исторические события, сейсмические источники и закономерности распространения // Океанология. – 2004. – 44, № 5. – С. 679 – 685.
5. Соловьева О.Н., Кузин И.П. Сейсмичность и цунами северо-восточной части Черного моря // Там же. – 2005. – 45, № 6. – С. 826 – 840.
6. Доценко С.Ф., Ингеров А.В. Характеристики черноморских цунами по данным измерений // Морской гидрофизический журнал. – 2007. – № 1. – С. 21 – 31.
7. Григориаш З.К. Черноморские цунами 1927 г. по мареографическим записям // Тр. МГИ АН СССР. – М.: АН СССР, 1959. – 17. – С. 59 – 67.
8. Григориаш З.К., Корнева Л.А. Волны цунами, сопровождавшие Анапское землетрясение 12 июля 1966 г. // Океанология. – 1969. – 9, вып. 6. – С. 988 – 995.
9. Григориаш З.К. Обзор удаленных мареограмм некоторых цунами в Черном море // Тр. СахКНИИ ДВО АН СССР. – Ю.-Сахалинск: СахКНИИ, 1972. – Вып. 29. – С. 271 – 278.
10. Григориаш З.К., Корнева Л.А. Мареографические данные о цунами в Черном море при Турецком землетрясении в декабре 1939 г. // Океанология. – 1972. – 12, вып. 3. – С. 417 – 422.

11. *Доценко С.Ф., Еремеев В.Н.* Оценки необходимости и возможности раннего предупреждения о цунами на побережье Черного моря // *Морской гидрофизический журнал.* – 2008. – № 5. – С. 57 – 66.
12. *Engel M.* Hydrodynamisch-numerische ermittlung von bewegungsvorgängen im Schwarzen Meer // *Mitteilungen des Instituts für Meereskunde der Universität Hamburg.* – 1974. – № 22. – 72 s.
13. *Доценко С.Ф., Коновалов А.В.* Цунами 1927 г. в Черном море: данные наблюдений, численное моделирование // *Морской гидрофизический журнал.* – 1995. – № 6. – С. 3 – 16.
14. *Доценко С.Ф.* Оценки параметров волн цунами вдоль южного побережья Крымского полуострова // *Там же.* – 2005. – № 3. – С. 3 – 10.
15. *Доценко С.Ф.* Особенности распространения цунами в северо-западной части Черного моря // *Там же.* – 2005. – № 6. – С. 46 – 53.
16. *Мурти Т.С.* Сейсмические морские волны цунами. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 447 с.
17. *Уломов В.И., Полякова Т.П., Шумилина Л.С. и др.* Опыт картирования очагов землетрясений // *Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии.* – М.: ИФЗ РАН, 1993. – Вып. 1. – С. 99 – 108.
18. *Пелиновский Е.Н.* Нелинейная динамика волн цунами. – Горький: ИПФ АН СССР, 1982. – 226 с.
19. *Вольцингер Н.Е., Пясковский Р.В.* Основные океанологические задачи теории мелкой воды. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 300 с.
20. *Соловьев С.Л., Го Ч.Н.* Каталог цунами на западном побережье Тихого океана. – М.: Наука, 1974. – 310 с.
21. *Чекунов А.В.* Сейсмическая эмиссия и разноэтажная тектоника в Черноморском регионе // *Доклады АН УССР. Сер. Б.* – 1990. – № 11. – С. 27 – 31.
22. *Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е.* Сейсмичность Черноморской впадины // *Геофизический журнал.* – 1991. – № 3. – С. 14 – 19.
23. *Доценко С.Ф.* Закономерности распространения цунами на шельфе Черного моря из эллиптической зоны генерации // *Морской гидрофизический журнал.* – 2000. – № 6. – С. 18 – 27.

Морской гидрофизический институт НАН Украины,
Севастополь
E-mail: sf_dotsenko@mail.ru

Материал поступил
в редакцию 24.11.08

АНОТАЦІЯ Лінійну модель довгих хвиль застосовано для оцінки параметрів хвиль цунамі вздовж Південного берега Криму, в прикерченській зоні і біля північно-східної частини узбережжя Чорного моря. Дослідження проведено чисельно для 24 вірогідних положень еліптичних зон генерації на материковому схилі басейну. Амплітудні характеристики цунамі розраховані для 27 пунктів Чорноморського узбережжя. Показано, що можливе істотне посилення хвиль цунамі при розповсюдженні до берега. Хвилі найбільшої висоти утворюються в найближчому до сейсмічного джерела пункті узбережжя. Розглянуто залежність інтенсивності цунамі вздовж Чорноморського узбережжя від положення сейсмічного джерела і його магнітуди.

ABSTRACT Linear shallow-water model is applied to estimate tsunami waves' parameters along the Crimean Southern coast, in the Kerch strait zone and near the Black Sea northeastern coast. The study is carried out numerically for 24 possible positions of elliptic zones of tsunami generation on the basin continental slope. Amplitude characteristics of tsunami are calculated for 27 points of the Black Sea coast. Possibility of essential amplification of tsunami waves during their propagation to the coast is shown. The highest waves are formed close to the coastal point nearest to the seismic source. Dependence of tsunami intensity along the Black Sea coast upon the location of the seismic source and its magnitude is considered.