

**КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ:
ЦУНАМИОПАСНОСТЬ ПРИ
КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПОДВОДНЫХ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ С ОЧАГАМИ НА
ШЕЛЬФЕ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

Мазова Р.Х., Баранова Е.А.

2019г.

РАСЧЕТНАЯ АКВАТОРИЯ

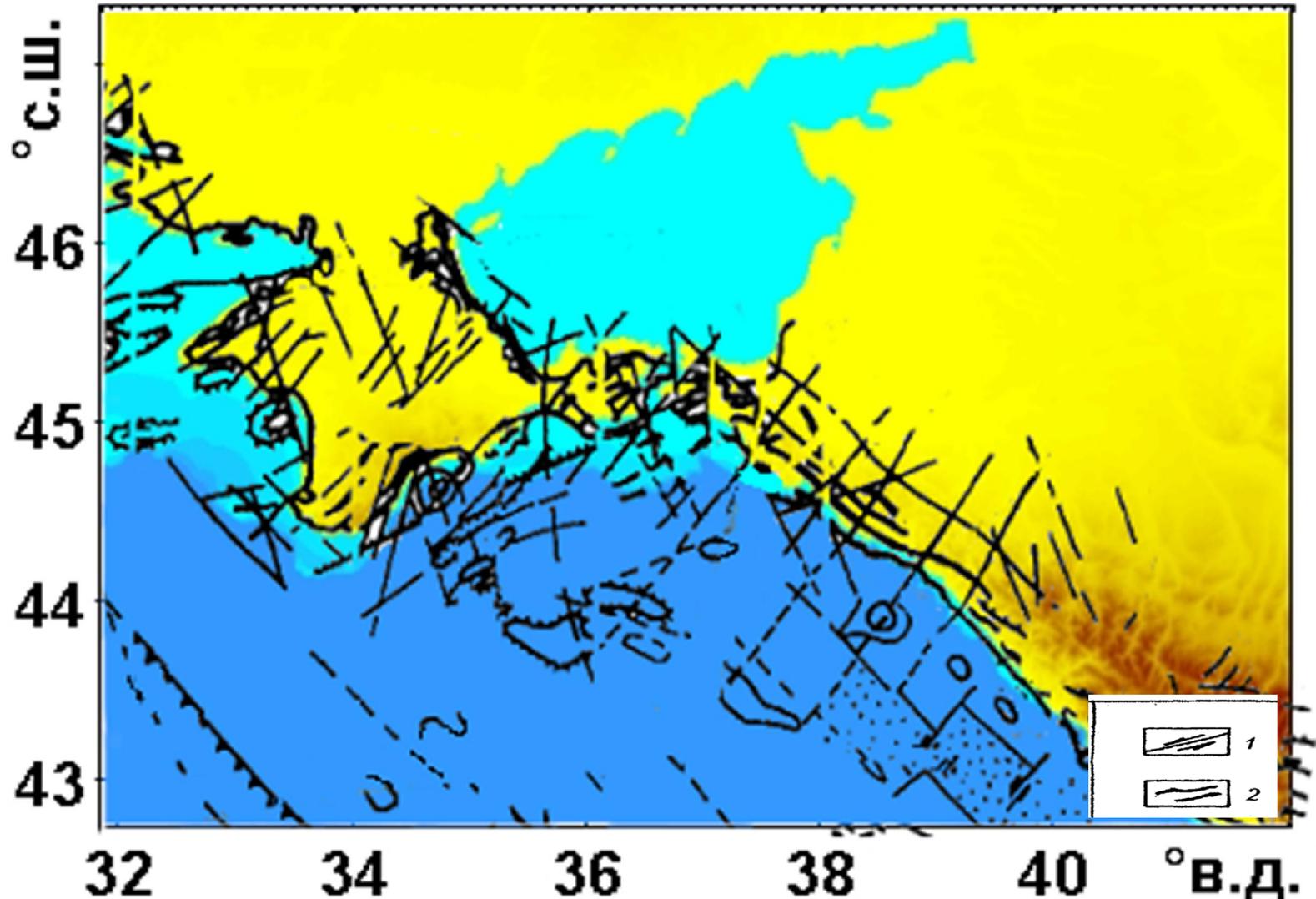


Схема размещения основных геологических структур на участках Крымского и Кавказского побережий Черного моря: 1 – разломы-сдвиги; 2-разломы-надвиги;... (Чебаненко И.И., Гожик П.Ф. и др., 2003)

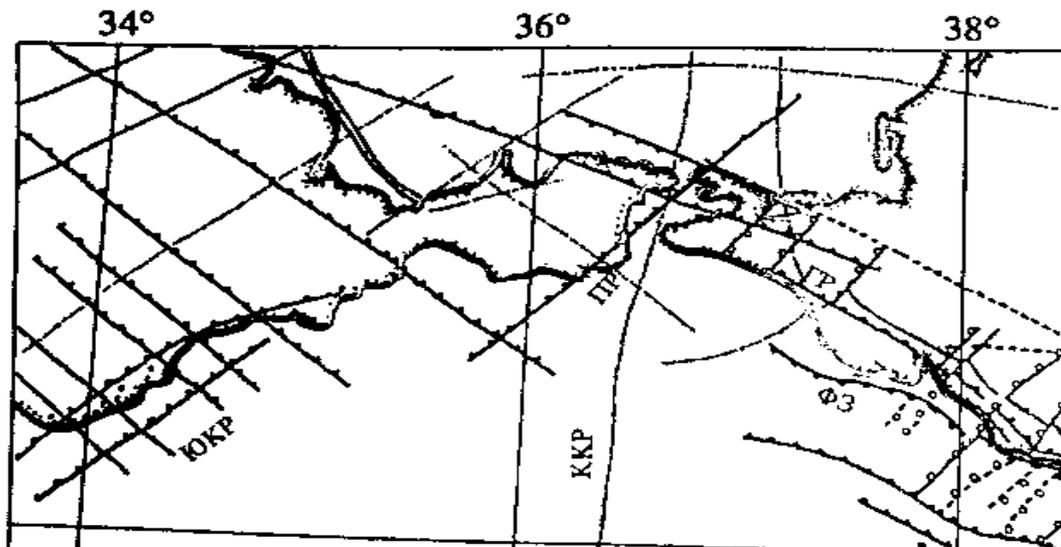
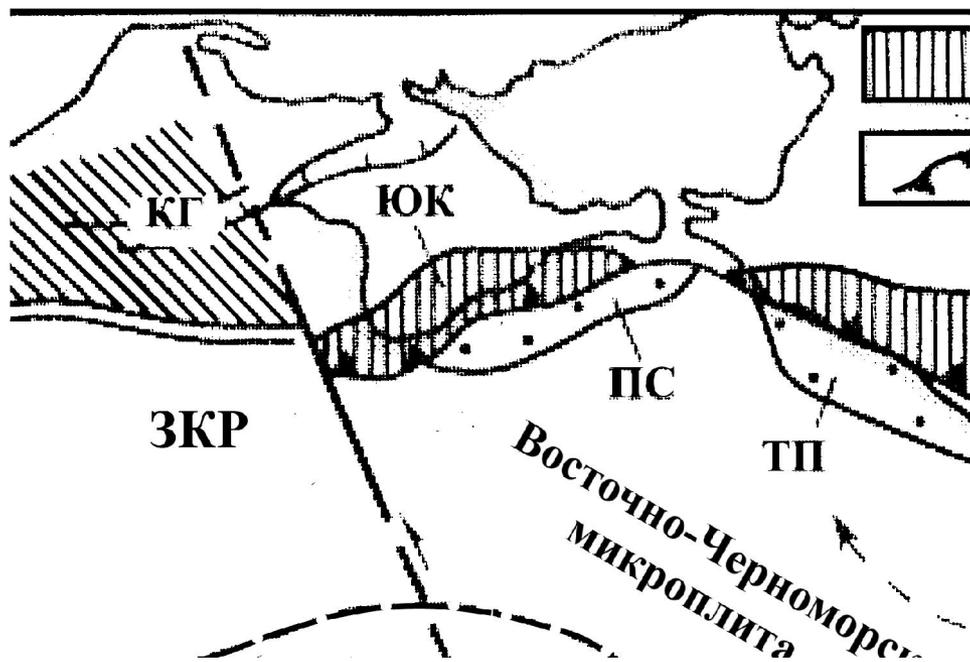


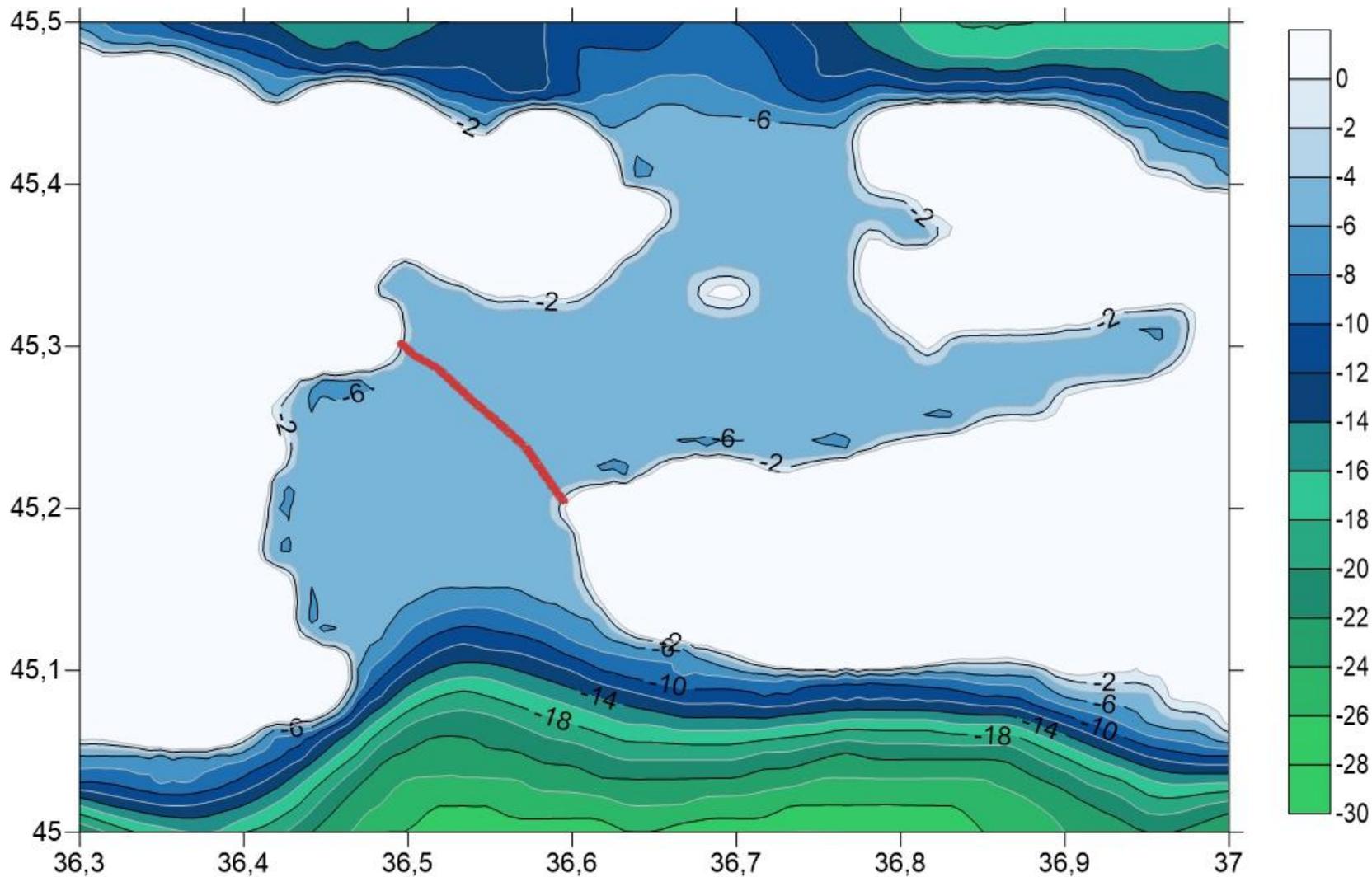
Схема активных разломов Крымско-Кавказского региона (Соловьева О.Н., Кузин И.П., 1977)



Восточно-Черноморская микроплита [И.И.Чебаненко, .Ф.Гожик, Н.И.Евдощук, В.П. Ключко "Схема глубинных разломов на участках Крымского и Кавказского побережий Черного моря, 2003]

БАТИМЕТРИЯ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА

КРАСНАЯ ЛИНИЯ-СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ МОСТА

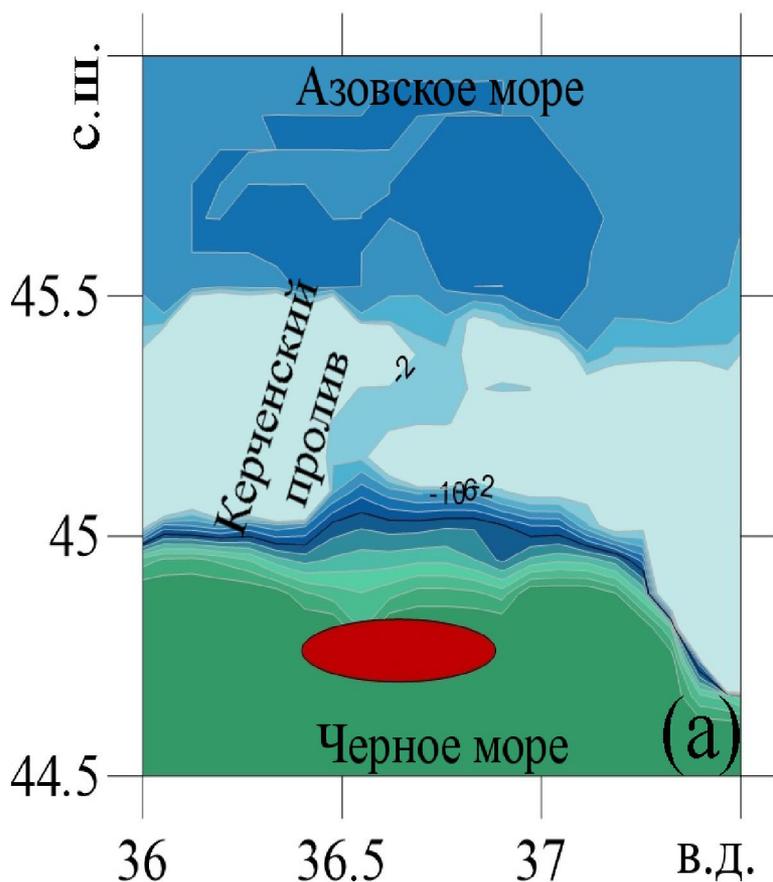


МОСТ ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ

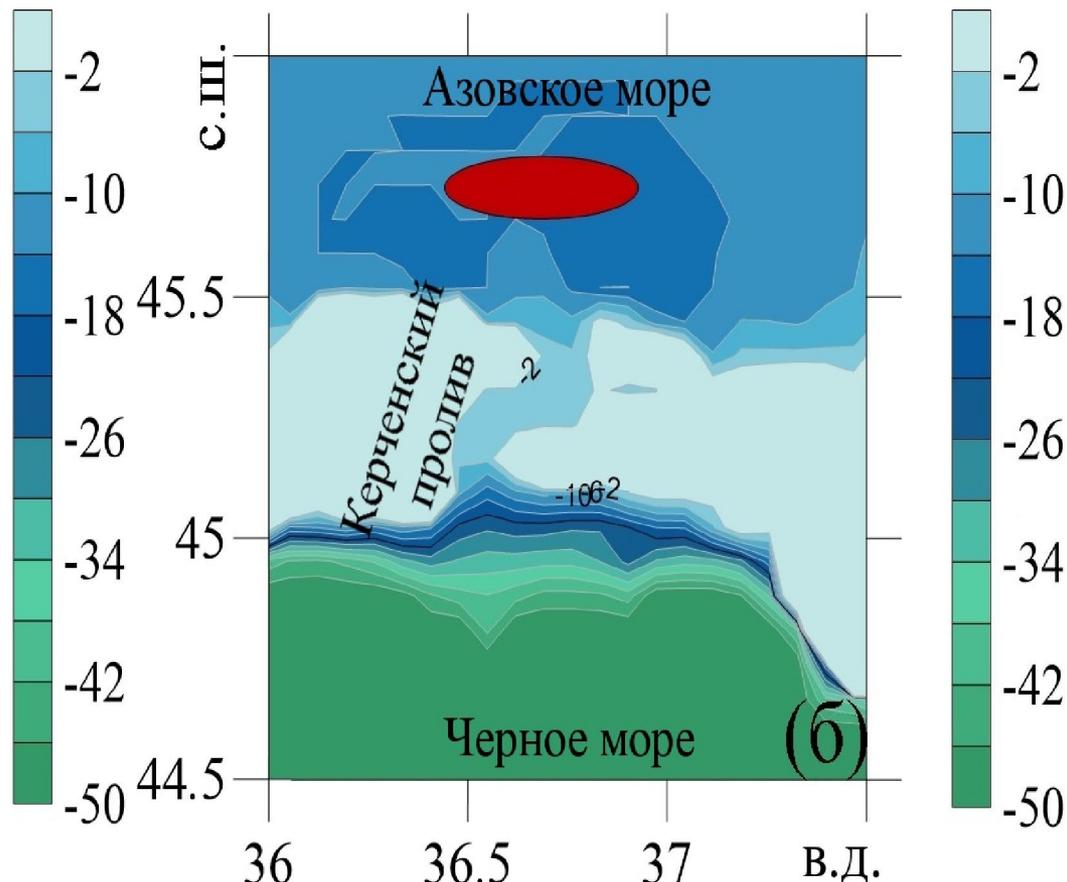


**Численное моделирование
распространения волн цунами в
Керченском проливе при
ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ**

ЛОКАЛИЗАЦИЯ РАССМАТРИВАЕМЫХ ГИПОТЕТИЧЕСКИХ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ



Сценарий 1 (M=7)
Сценарий 2 (M=7,6)



Сценарий 3 (M=7)

КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ

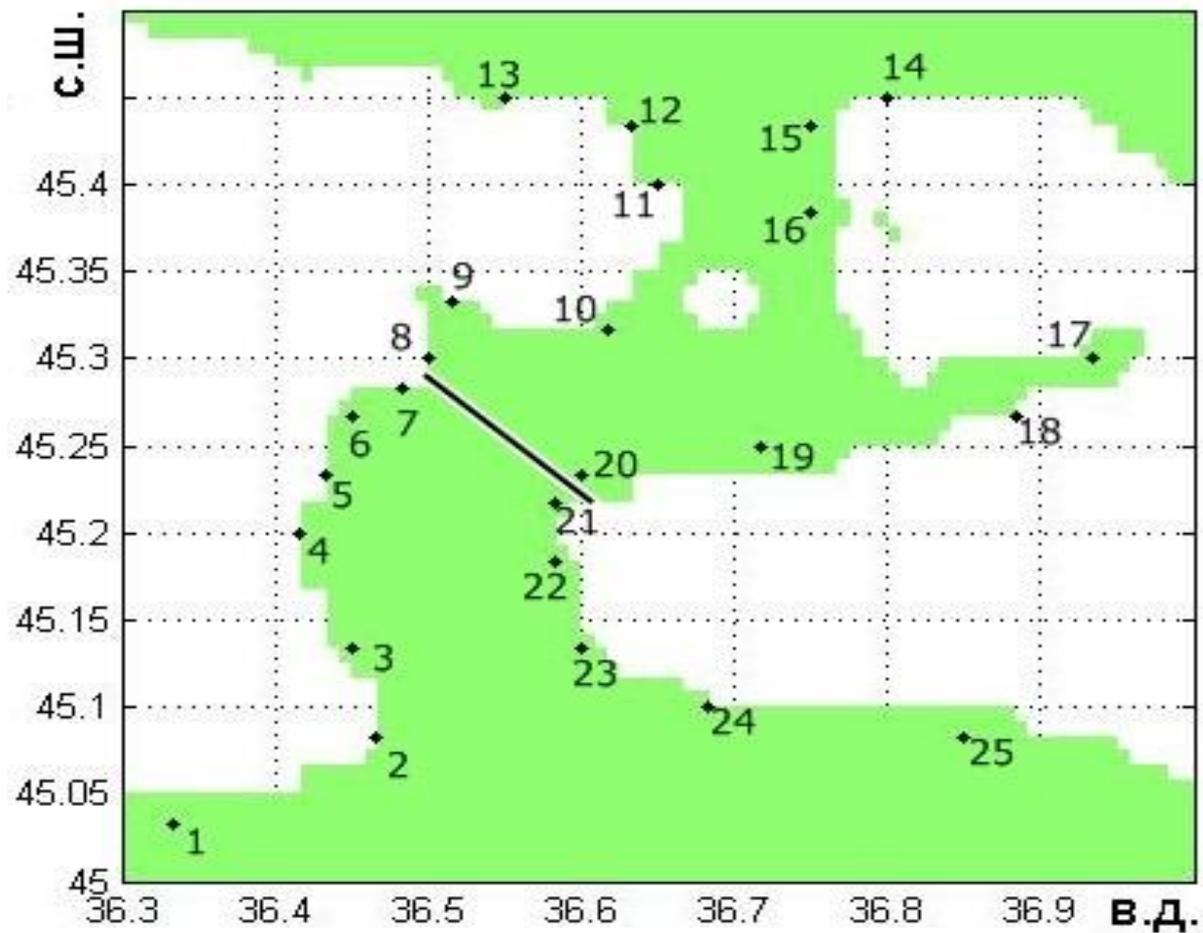
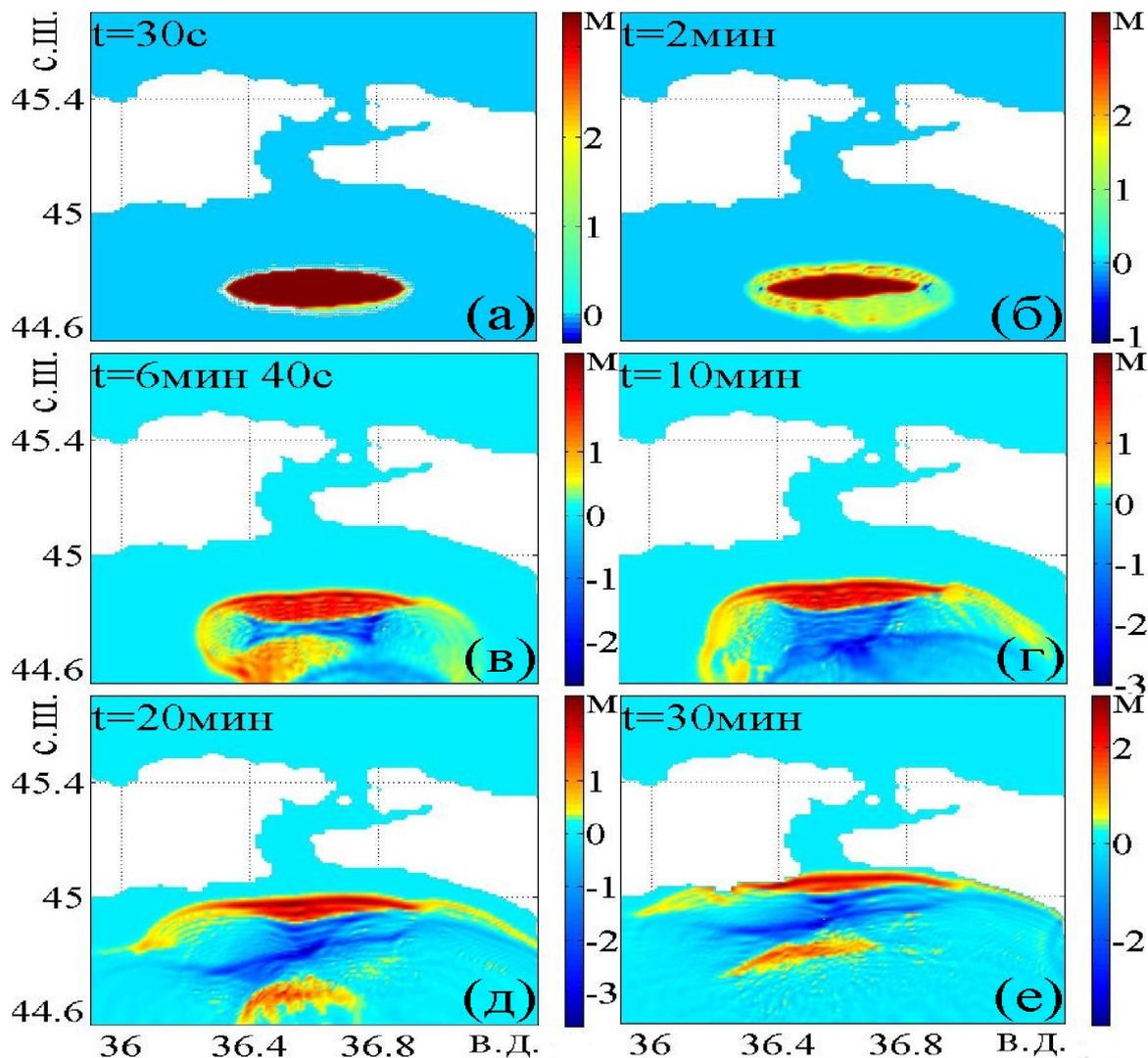


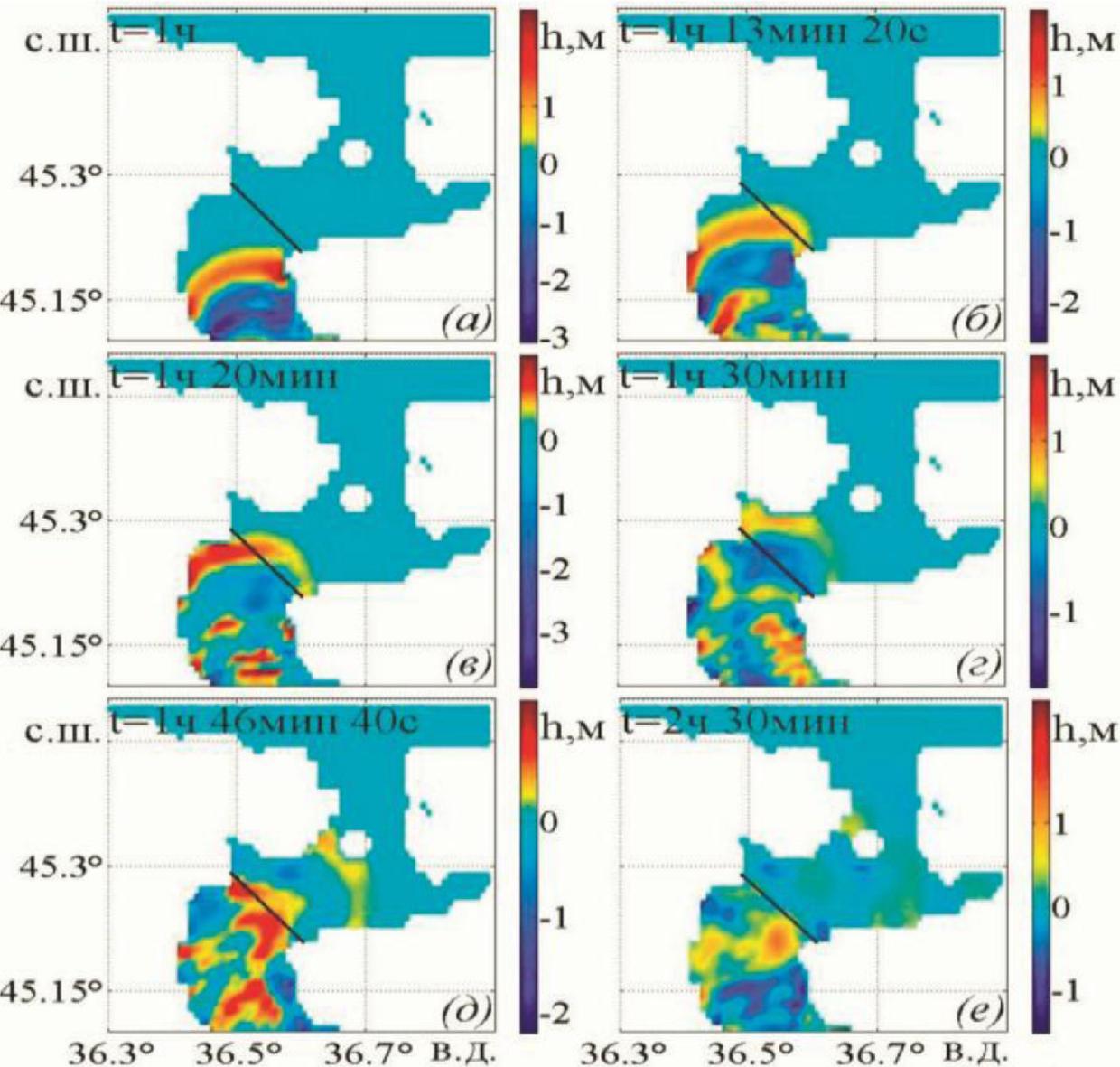
Схема расположения виртуальных мареографов. Темная линия - схематическое изображение положения моста.

ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ВОЛН ЦУНАМИ В АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 1(M=7)



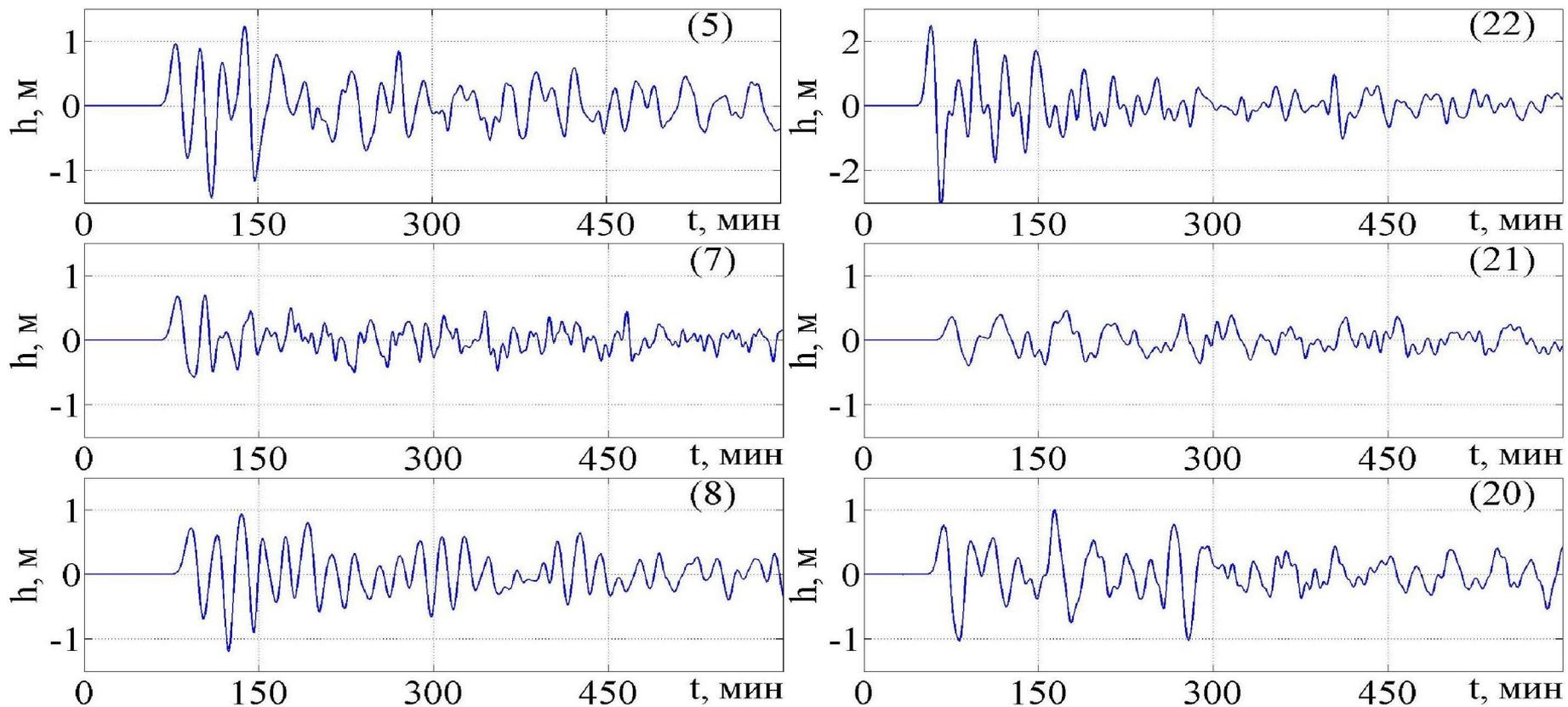
Положение фронтов волн цунами для 4-х моментов времени для Сценария 1:
а) $t = 30\text{с}$, б) $t = 3\text{мин}$, в) $t = 10\text{мин}$, г) $t = 30\text{мин}$. д) $t = 20\text{мин}$, е) $t = 30\text{мин}$

ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ВОЛН ЦУНАМИ В АКВАТОРИИ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 1 (M=7)



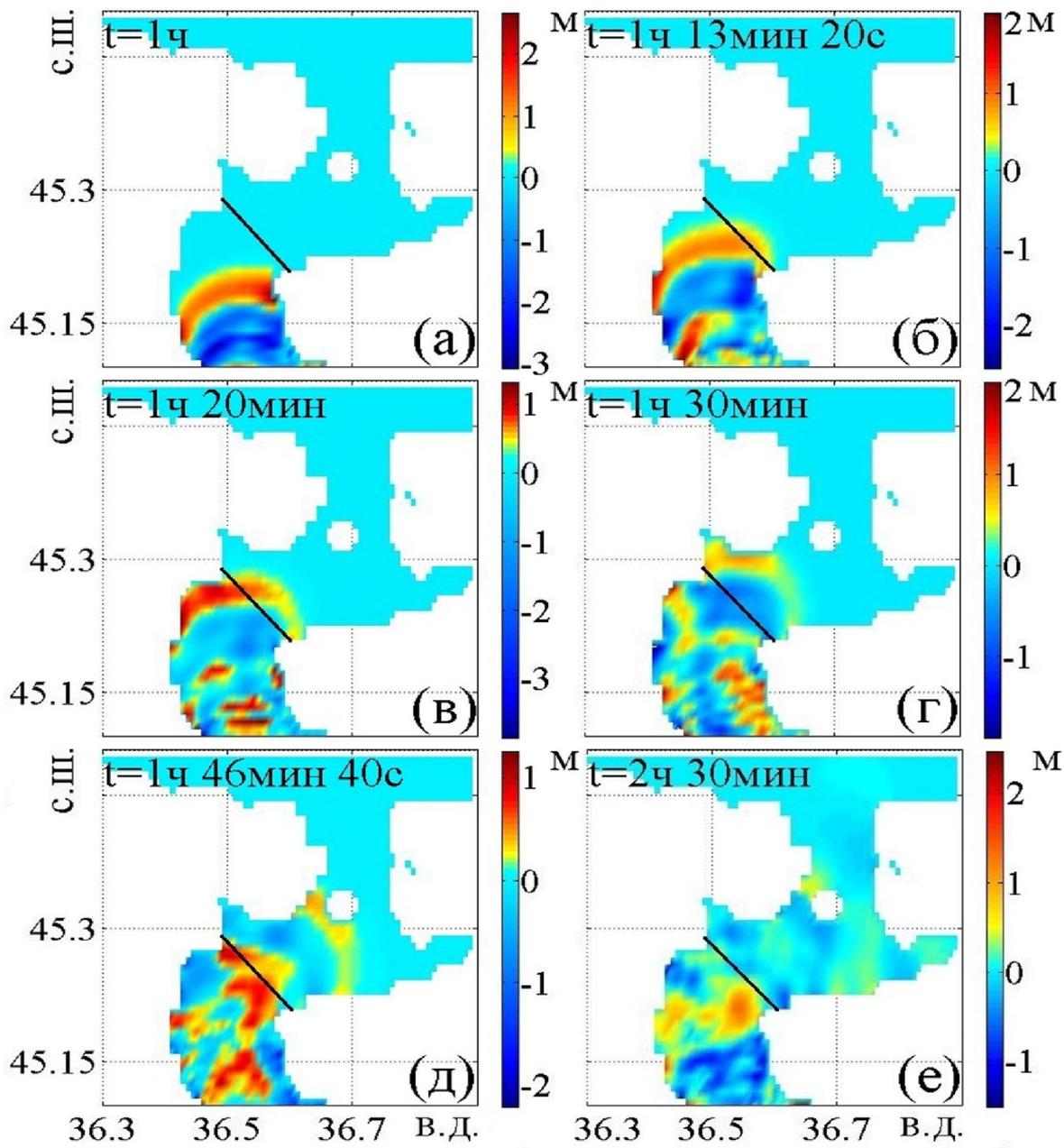
- а) $t = 46мин 40с$,
 - б) $t = 53мин 20с$,
 - в) $t = 1ч 3мин 20с$,
 - г) $t = 1ч 16мин 40с$,
 - д) $t = 1ч 30мин$,
 - е) $t = 2ч 23мин 20с$.
- Темная линия -
схематическое
изображение
положения моста.**

ДАННЫЕ С ВИРТУАЛЬНЫХ МАРЕОГРАФОВ ВДОЛЬ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 1(M=7)



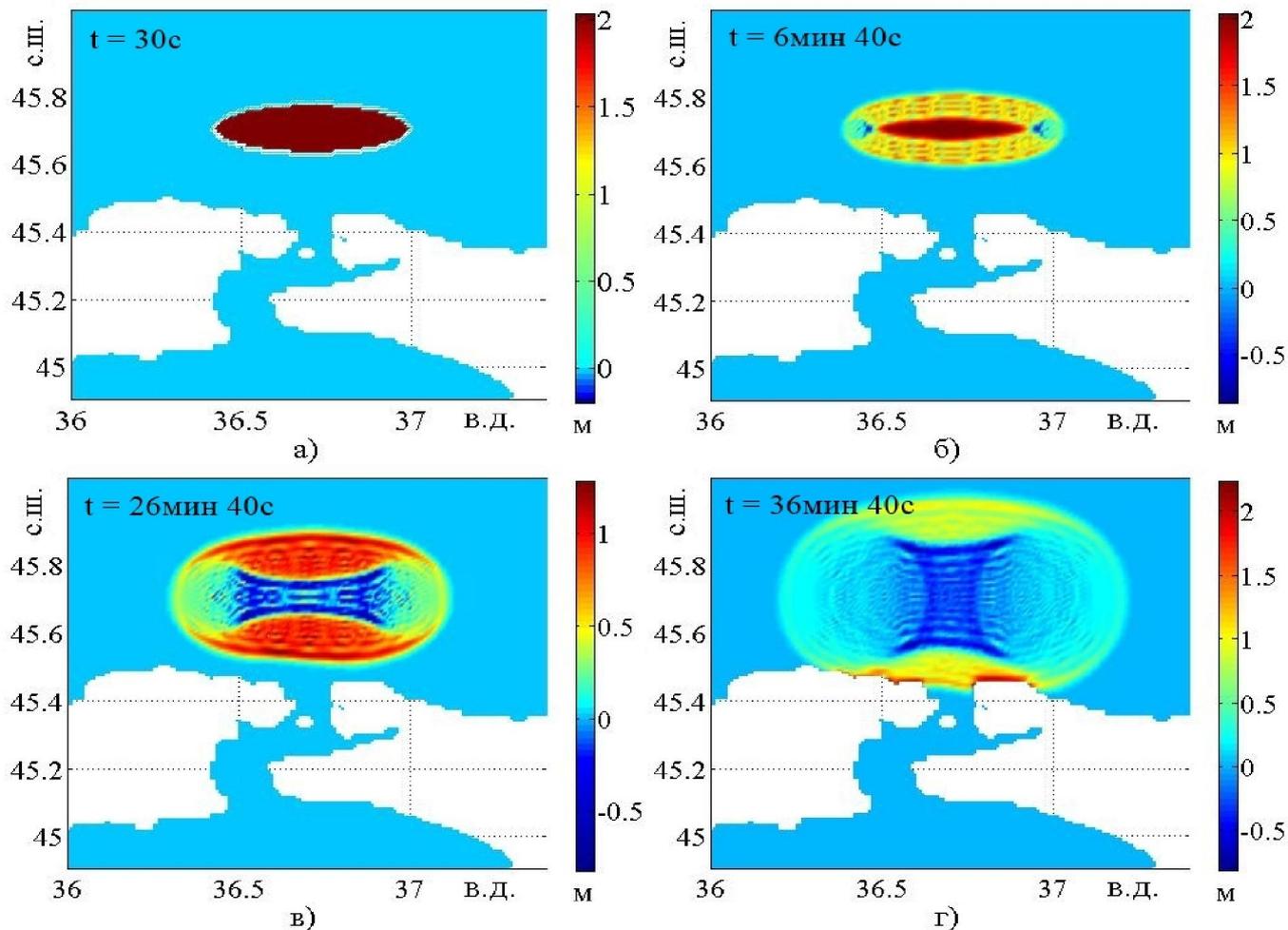
(5) - Южная часть г.Керчь, (7) - юго-западный край моста, (8) - северо-западный край моста, (20) — северо-восточный край моста, (21) – юго-восточный край моста, (22) - берег озера Тузла.

ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ВОЛН ЦУНАМИ В АКВАТОРИИ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 2 (M=7,6)



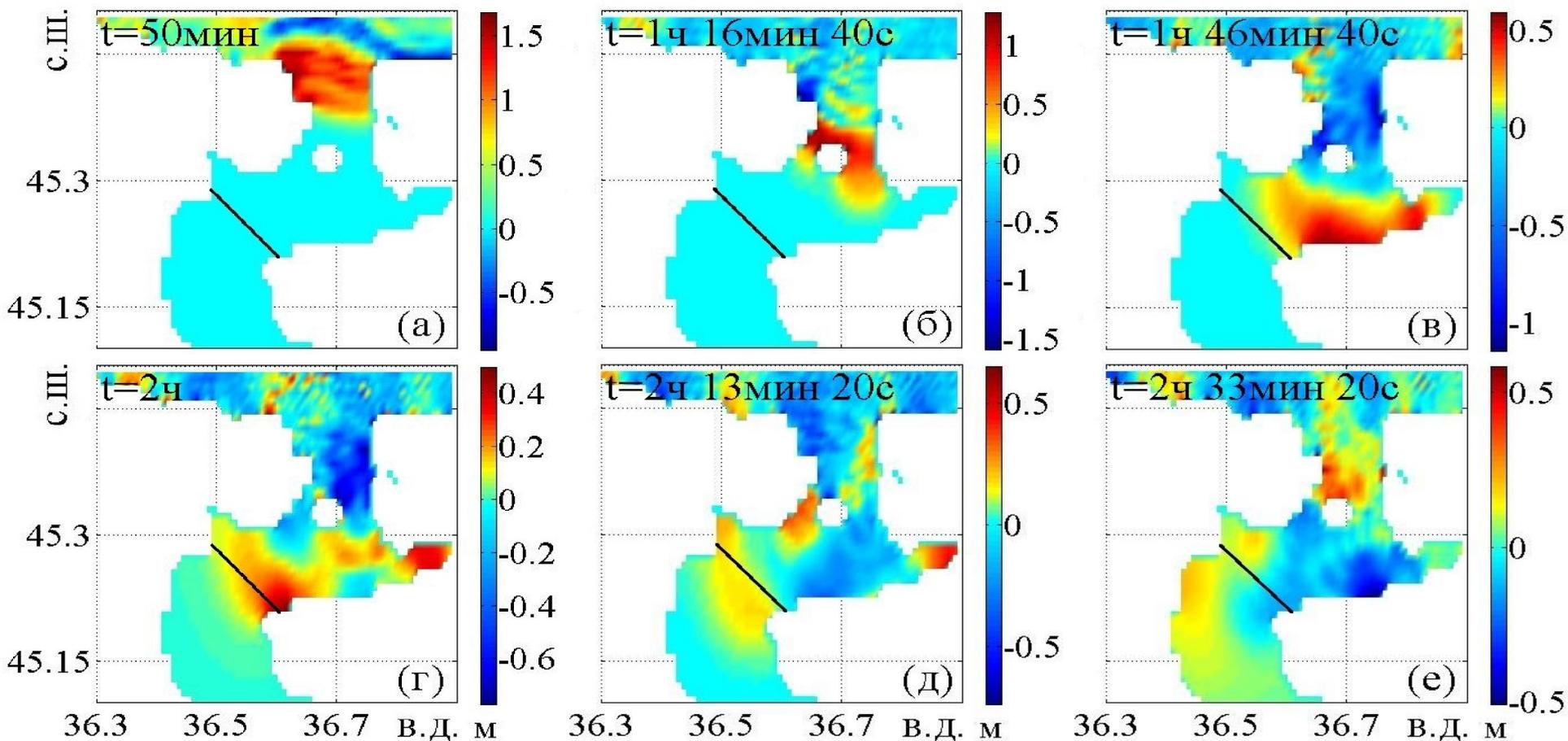
- а) $t = 1\text{ч}$,
б) $t = 1\text{ч } 13\text{мин } 20\text{с}$,
в) $t = 1\text{ч } 20\text{с}$,
г) $t = 1\text{ч } 30\text{с}$,
д) $t = 1\text{ч } 46\text{мин } 40\text{с}$,
е) $t = 2\text{ч } 30\text{мин}$.
- Темная линия -
схематическое
изображение
положения моста.

ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ВОЛН ЦУНАМИ В АКВАТОРИИ АЗОВСКОГО МОРЯ ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 3



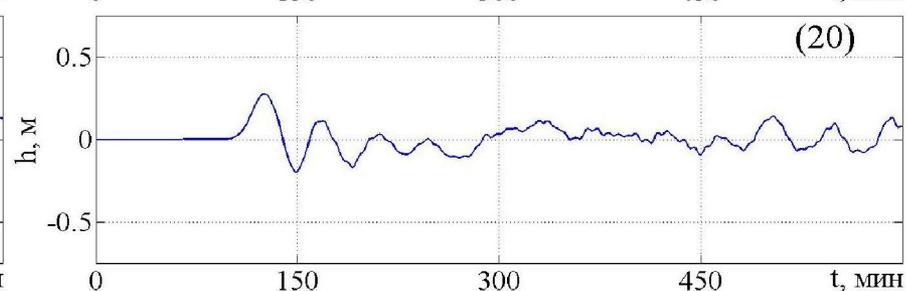
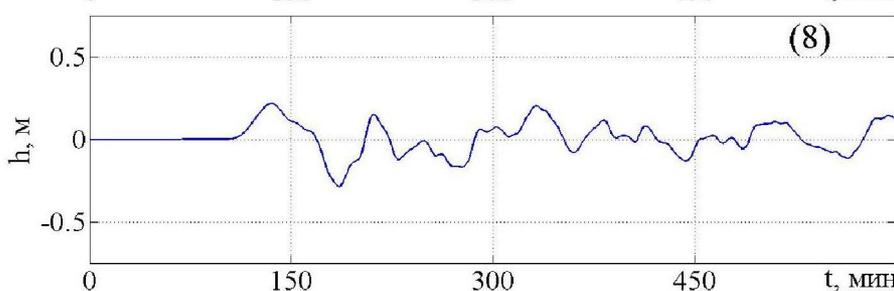
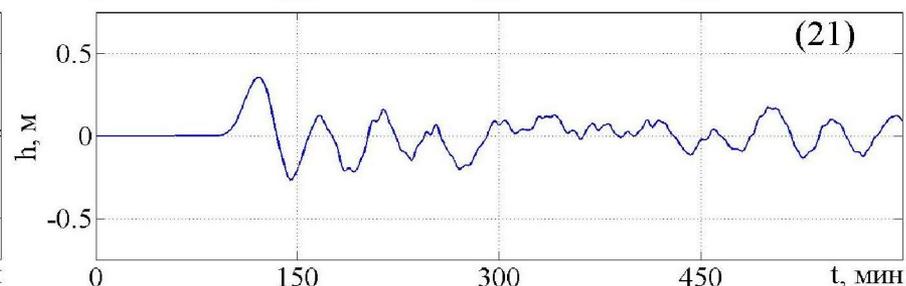
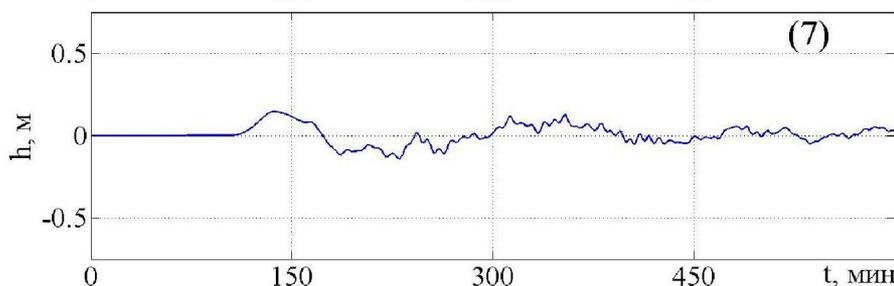
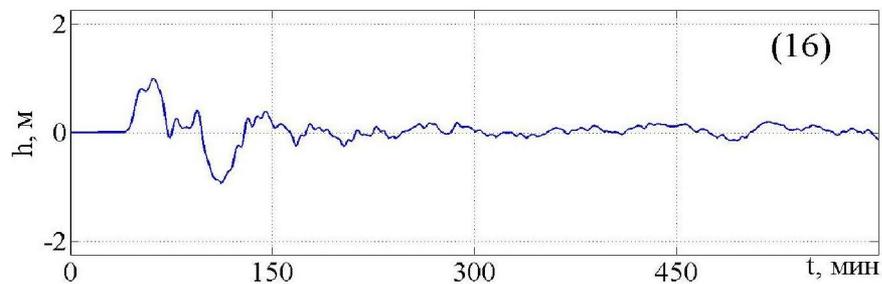
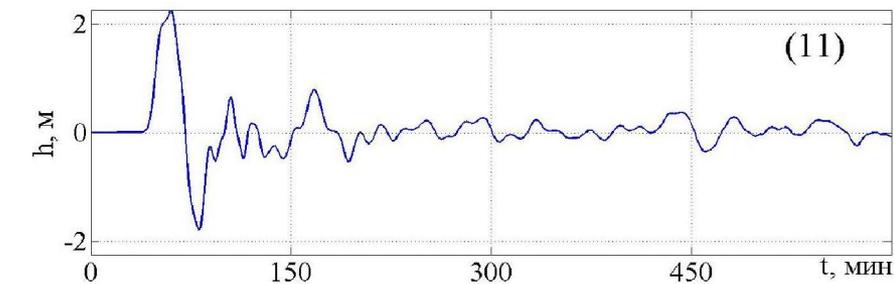
Положение фронтов волн цунами для 4-х моментов времени для Сценария 3: а) $t = 30$ с, б) $t = 6$ мин 40с, в) $t = 26$ мин 40с, г) $t = 36$ мин 40с.

ПОЛОЖЕНИЕ ФРОНТОВ ВОЛН ЦУНАМИ В АКВАТОРИИ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 3 (M=7)



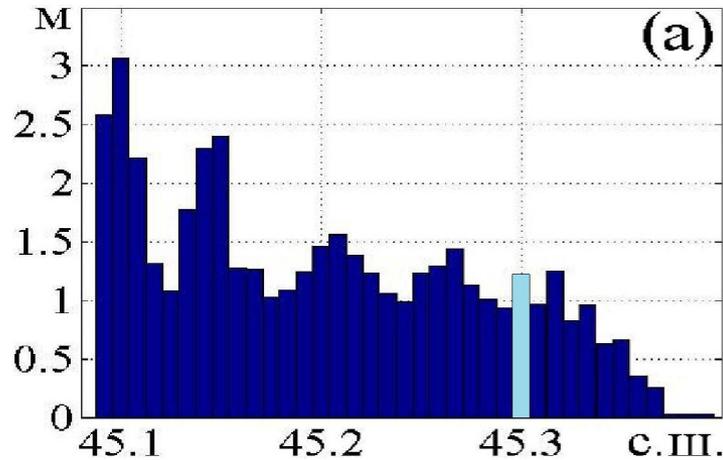
Положение фронтов волн цунами в акватории Керченского пролива для шести моментов времени для Сценария 2: а) $t = 50$ мин, б) $t = 1$ ч 16 мин 40 с, в) $t = 1$ ч 46 мин 40 с, г) $t = 2$ ч, д) $t = 2$ ч 13 мин 20 с, е) $t = 2$ ч 33 мин 20 с.

ДАННЫЕ С ВИРТУАЛЬНЫХ МАРЕОГРАФОВ ВДОЛЬ КЕРЧЕНСКОГО ПРОЛИВА ДЛЯ СЦЕНАРИЯ 2

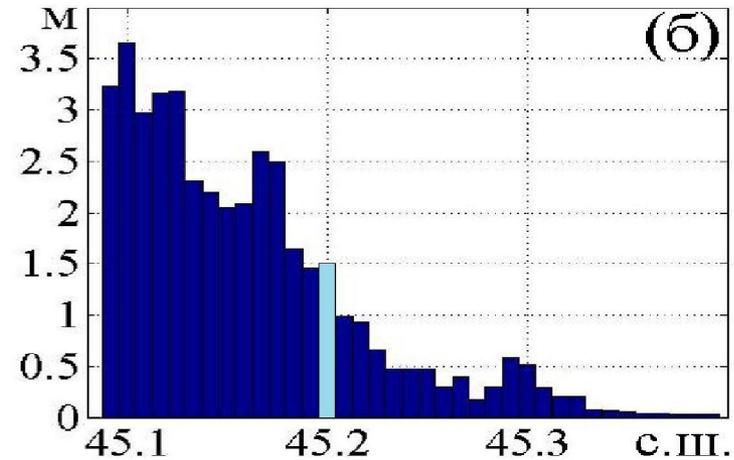


(7) - юго-западный край моста; (8) – северо-западный край моста; (11) - с.Глазовка; (16) - пос.Батарейка; (20)- северо-восточный край моста; (21) – юго-восточный край моста; (22) - берег о. Тузла.

Гистограммы максимальных высот волн цунами для побережья Керченского пролива вблизи Крымского моста Голубой цвет – место расположения опор Крымского моста

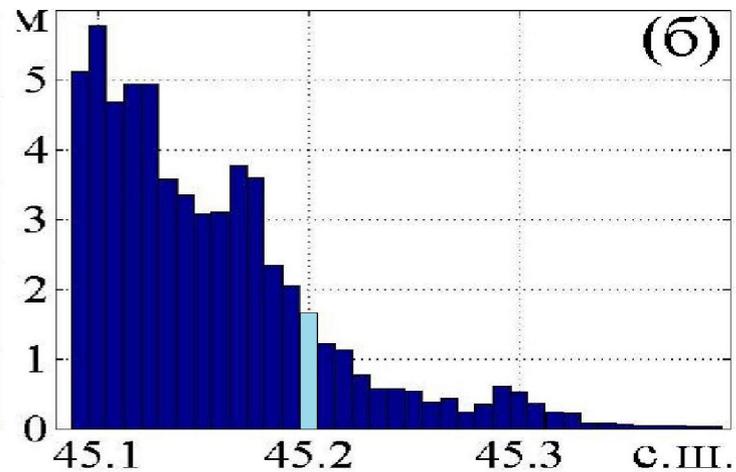
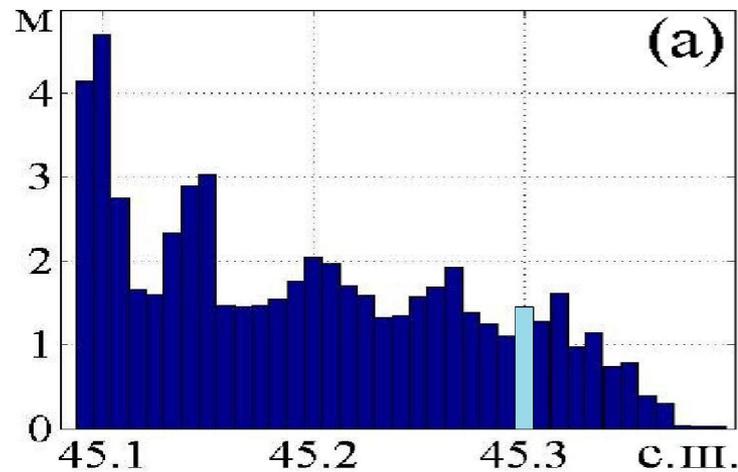


а) западный берег пролива



б) восточный берег пролива.

Сценария 1 (M=7)



Сценария 2 (M=7,6)

Численное моделирование исторического землетрясения и цунами

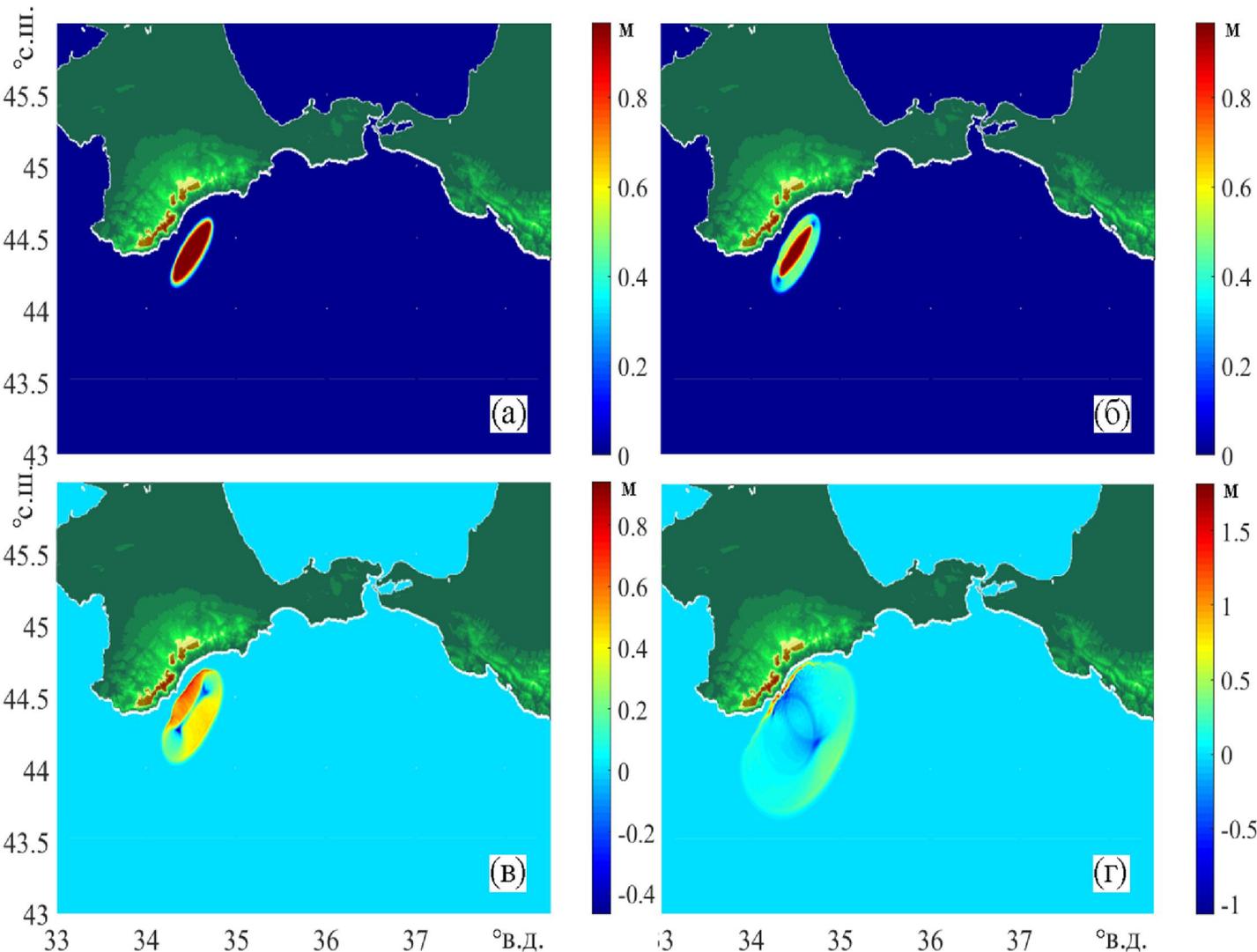
**12 сентября 1927 г. на юго-востоке
Крымского полуострова**

$M=7$ (Сценарий 1)

и гипотетических землетрясений и цунами

$M=7,5$ (Сценарий 2); $M=8$ (Сценарий 3)

Генерация очага цунами и положение фронтов волн цунами в акватории Черного моря для исторического землетрясения 12 сентября 1927 г.



M=7

(Сценарий 1)

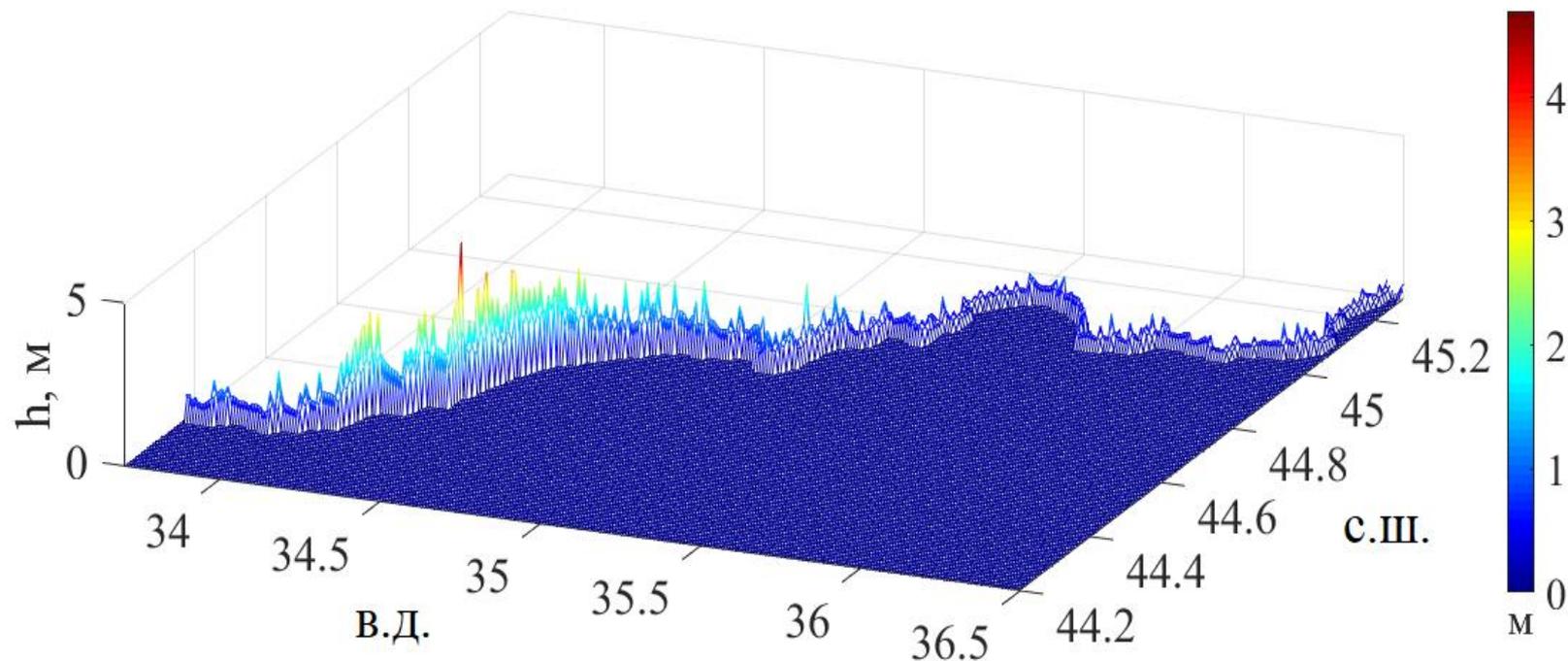
а) $t = 1 \text{ мин } 30 \text{ с}$;

б) $t = 3 \text{ мин } 20 \text{ с}$;

в) $t = 6 \text{ мин } 40 \text{ с}$;

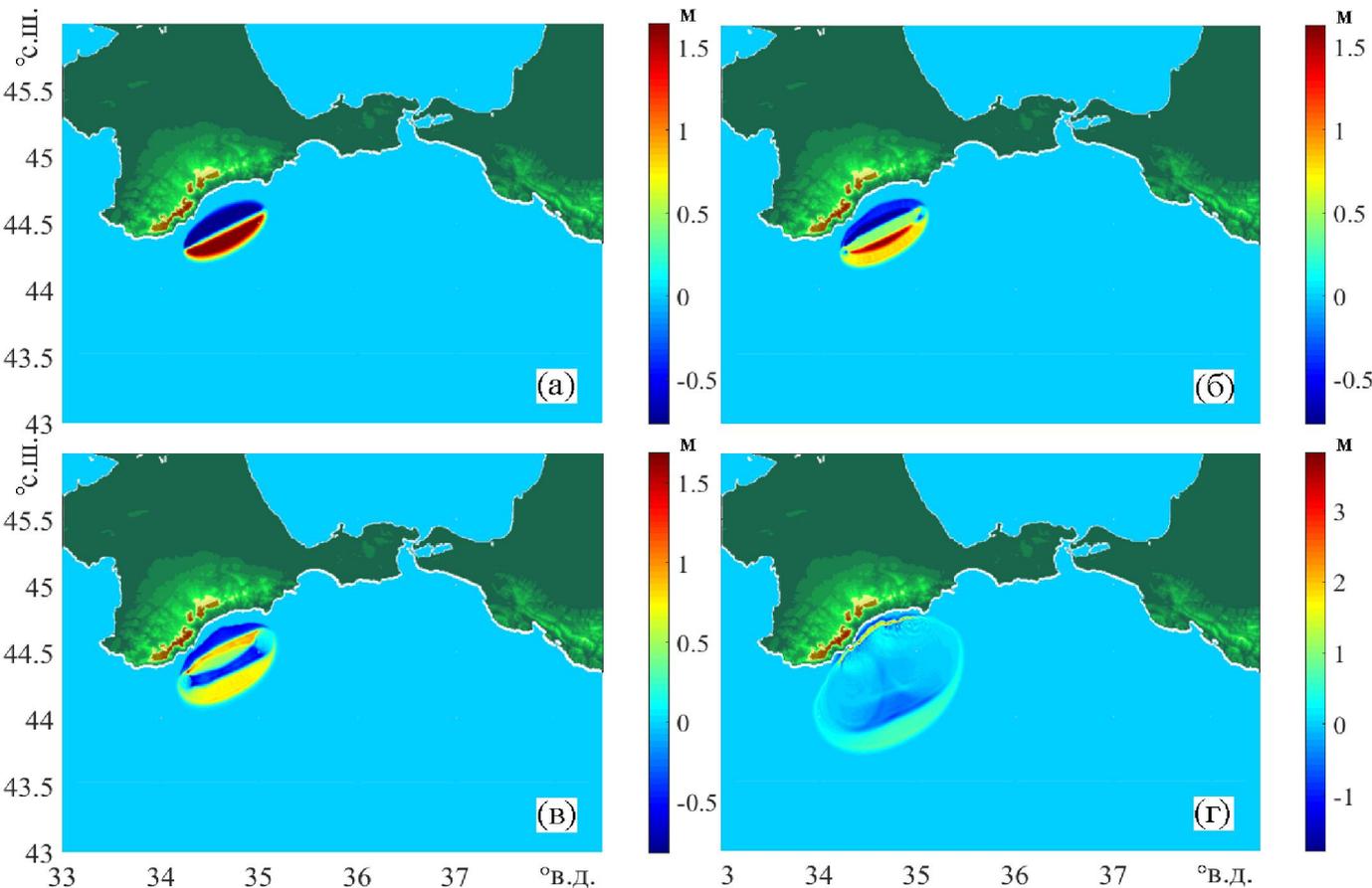
г) $t = 10 \text{ мин}$.

Численное моделирование исторического цунами в Крыму 12 сентября 1927 года для землетрясения с магнитудой $M=7$ (Сценарий 1)



3D гистограмма для максимальных высот волн для побережья Крыма для $M=7$

Генерация очага цунами и положение фронтов волн цунами в акватории Черного моря для исторического землетрясения 12 сентября 1927 г.



$M=7,5$
(Сценарий 2)

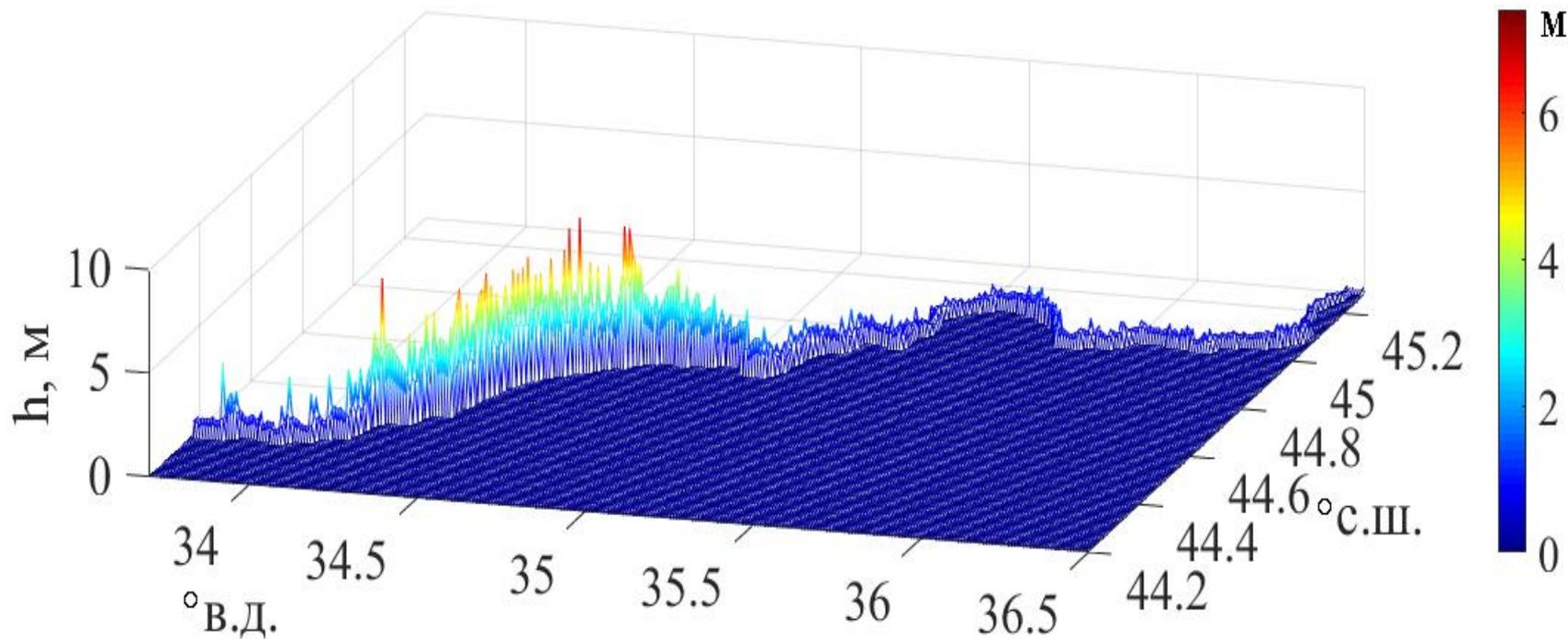
а) $t = 30$ с;

б) $t = 1$ мин ;

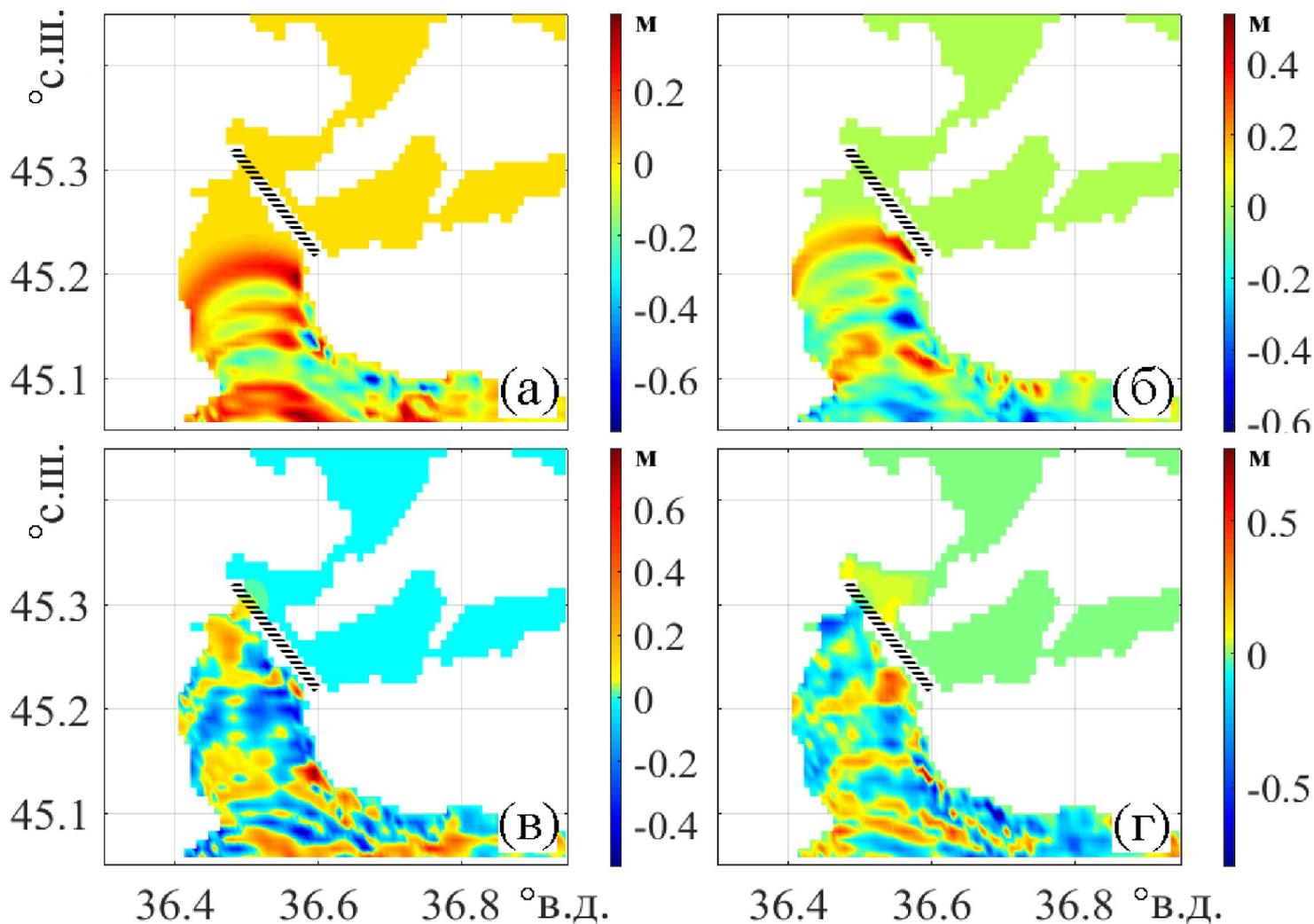
в) $t = 2$ мин;

г) $t = 6$ мин 40сек.

Численное моделирование исторического цунами в Крыму 12 сентября 1927 года для землетрясения с магнитудой $M=7,5$ (Сценарий 2)

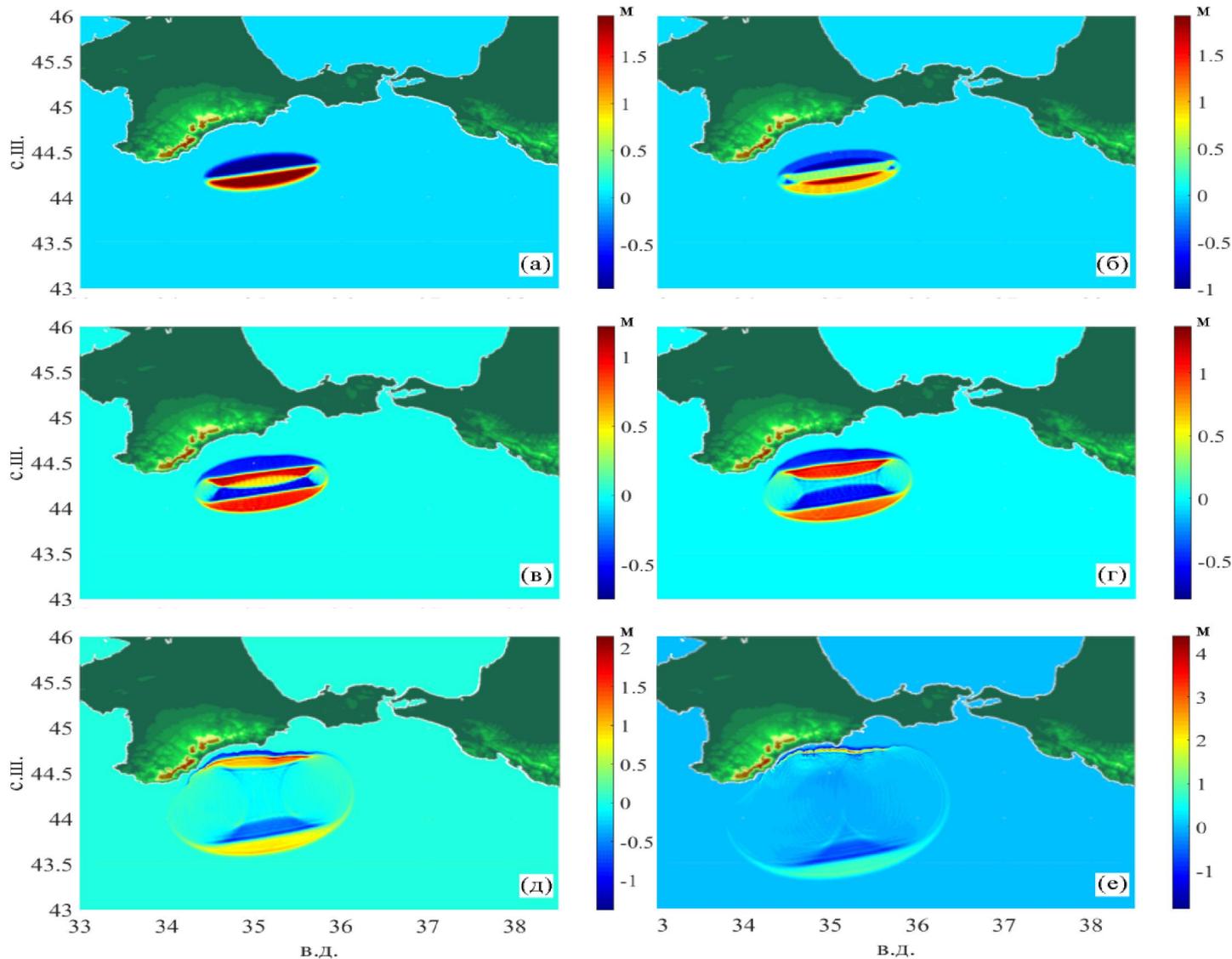


3D гистограмма для максимальных высот волн для побережья Крыма для $M=7,5$



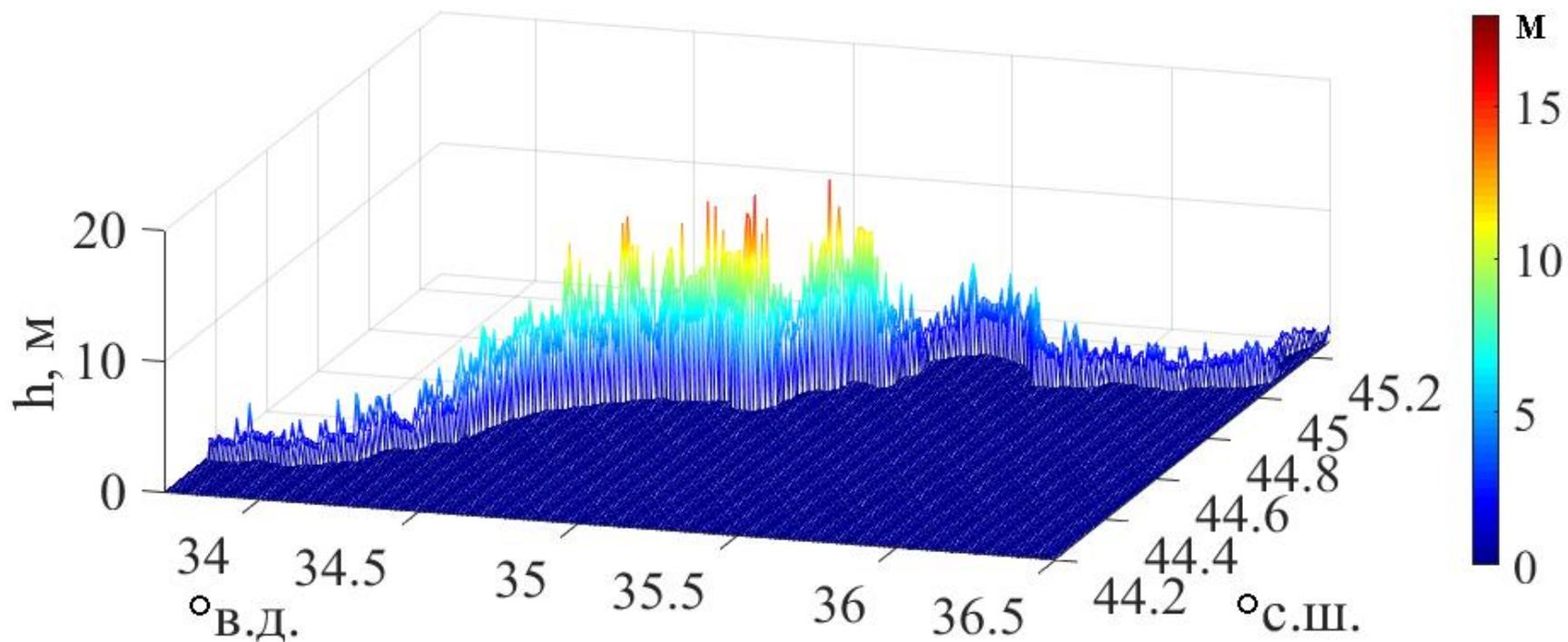
Положение фронтов волн цунами в акватории Керченского пролива для Сценария 2 ($M = 7,5$). Темная линия - схематическое изображение положения моста; а) $t = 1\text{ч } 30\text{мин}$; б) $t = 1\text{ч } 36\text{мин } 40\text{с}$; в) $t = 1\text{ч } 56\text{мин } 40\text{с}$; г) $t = 2\text{ч } 20\text{мин}$

Генерация очага цунами гипотетическим сейсмическим очагом и положение фронтов волн цунами в акватории Черного моря для $M=8$

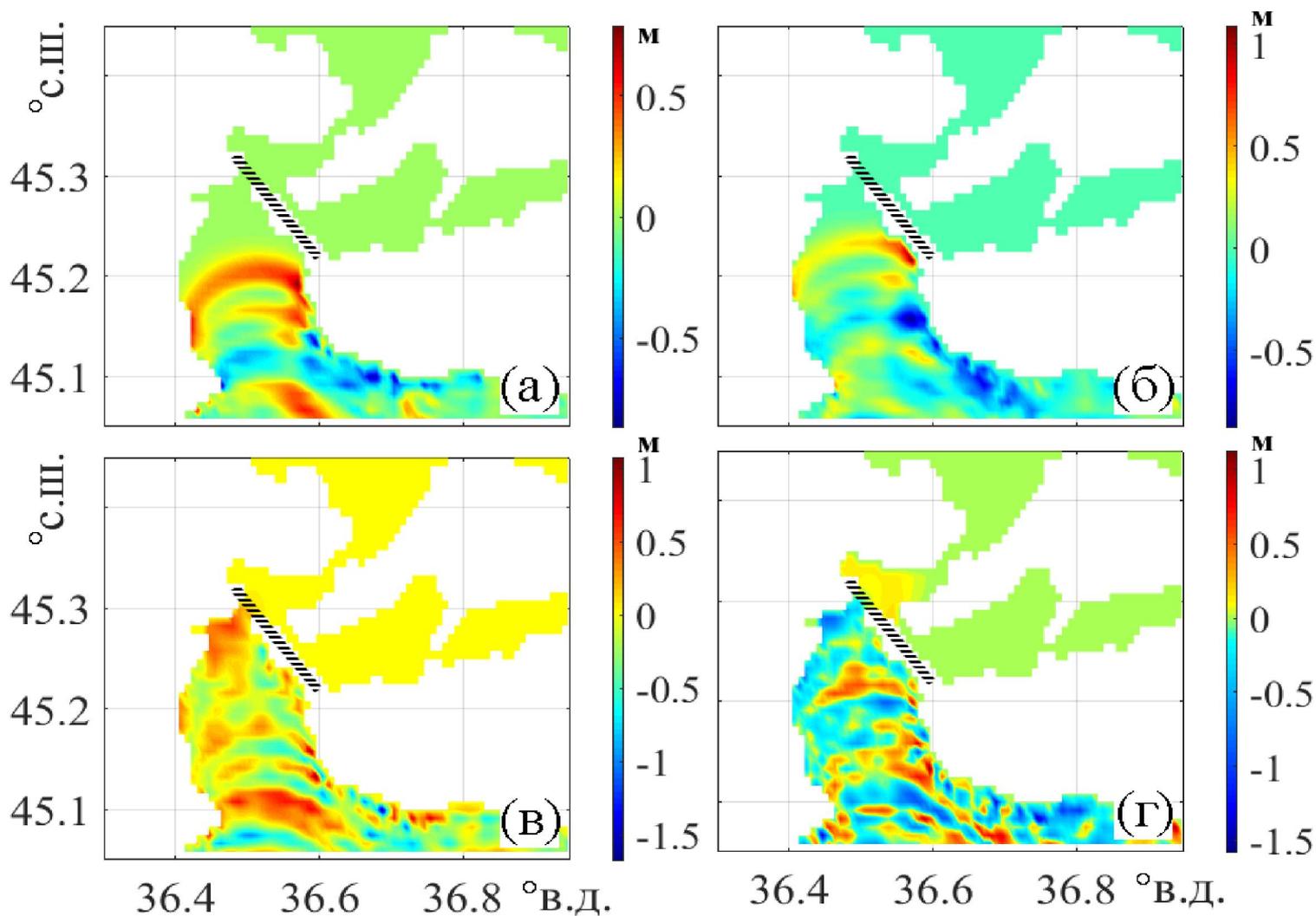


(Сценарий 3)
а) $t = 30\text{с}$;
б) $t = 1\text{мин}$;
в) $t = 2\text{мин}$;
г) $t = 3\text{мин}$
20с;
д) $t = 6\text{мин}$
40с;
е) $t = 10\text{мин}$

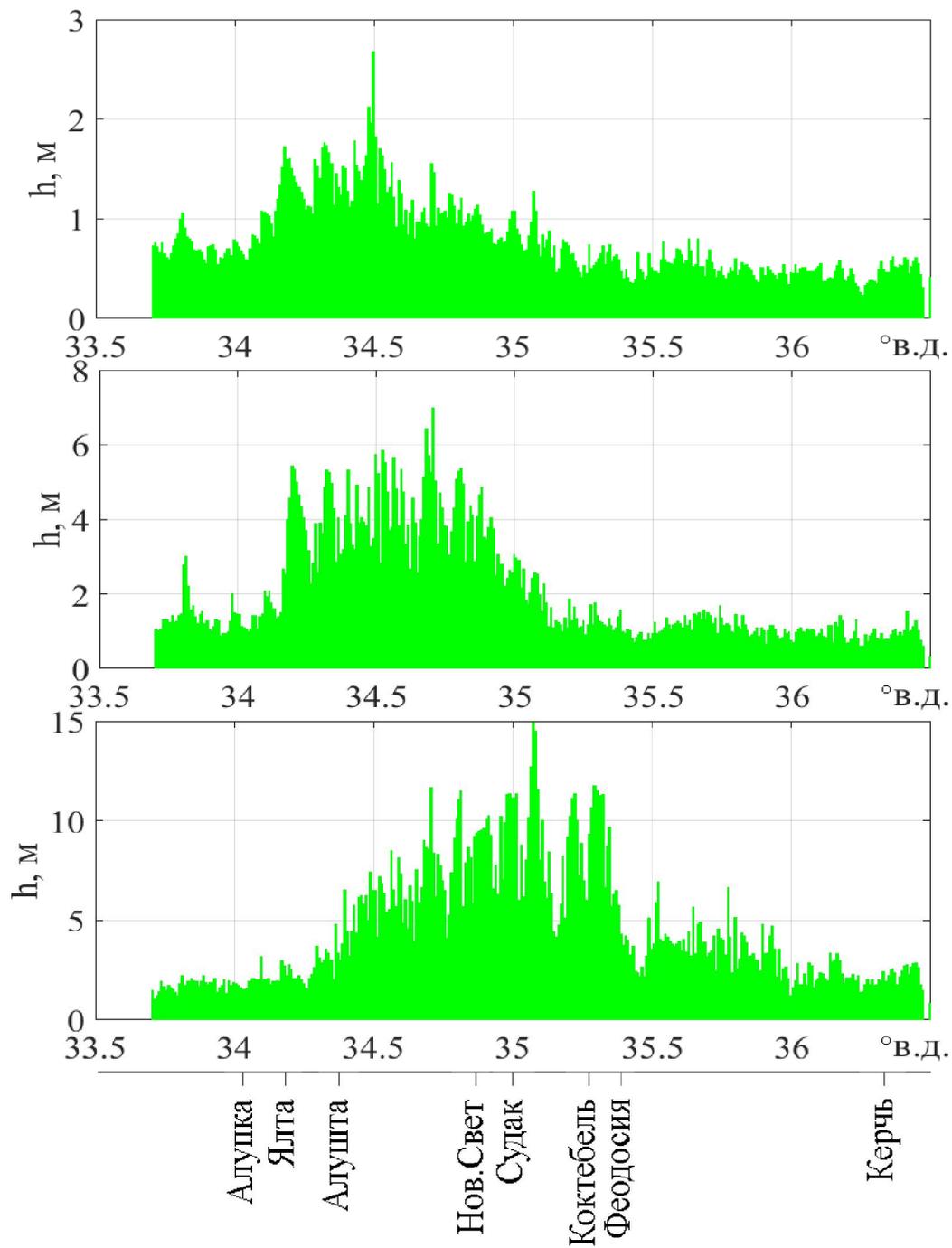
Численное моделирование гипотетического землетрясения с магнитудой $M=8$ (Сценарий 3)



3D гистограмма для максимальных высот волн для побережья Крыма для $M=8$

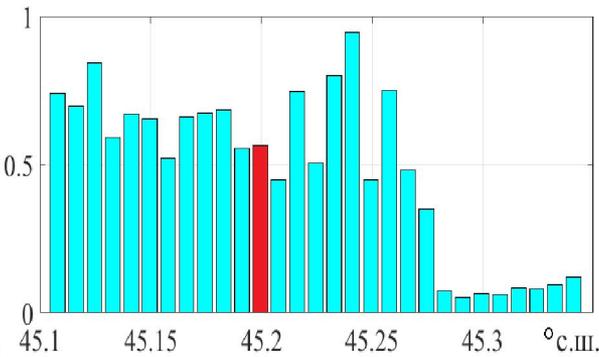
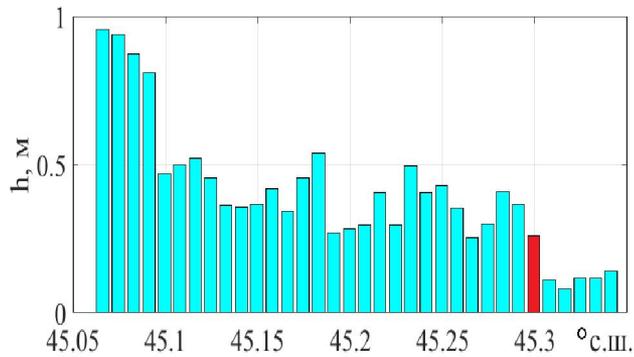


Положение фронтов волн цунами в акватории Керченского пролива для Сценария 3 ($M = 8$). Темная линия - схематическое изображение положения моста; а) $t = 1\text{ч } 20\text{мин}$; б) $t = 1\text{ч } 26\text{мин } 40\text{с}$; в) $t = 1\text{ч } 50\text{мин}$; г) $t = 2\text{ч } 10\text{мин}$

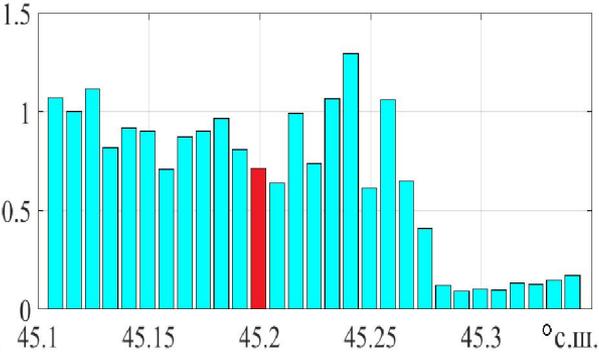
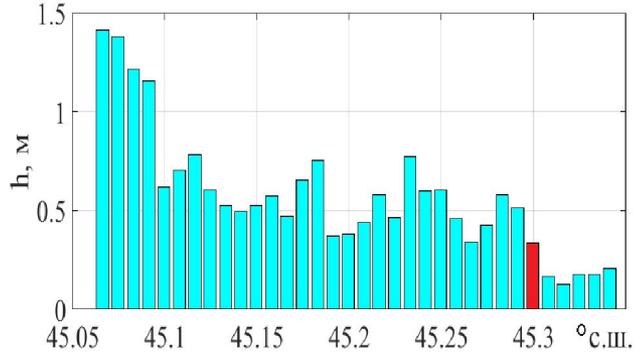


**2D гистограммы
распределения
максимальных
высот волн цунами
вдоль побережья
Крымского
полуострова для
 $M=7$ (Сценарий 1),
 $M=7,5$ (Сценарий 2),
 $M=8$ (Сценарий 3)**

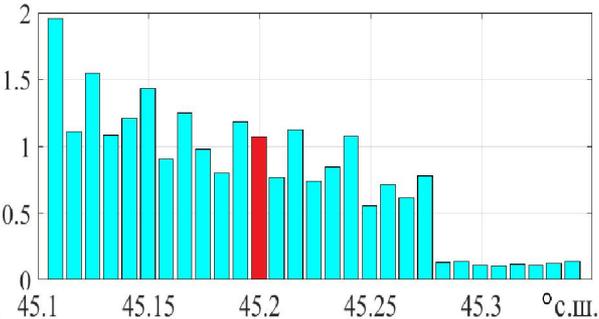
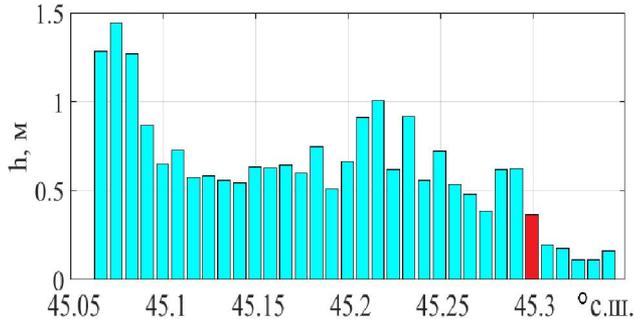
Гистограммы максимальных высот волн цунами для побережья Керченского пролива вблизи Крымского моста. Красный цвет – место расположения опор Крымского моста



Сценарий 1
M=7



Сценарий 2
M=7,5



Сценарий 3
M=8

а) западный берег пролива

б) восточный берег пролива

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как видно из проведенных расчетов, при ожидаемых магнитудах возможных землетрясений в акватории Черного моря $M \sim 7-8$, высоты волн цунами в Керченском проливе, в районе Крымского моста могут достигать до 1.5 метров. Скорость водного потока в окрестности западных опор моста, огибающего мыс Ак-Бурун, может достигать 50 км/ч., что может привести к повреждению опор моста и размывтию их основания. В восточной части моста Тузлинская коса служит естественной дамбой, гасящей разрушитель-ную энергию цунами. Полученные результаты хорошо согласуются как с немногочисленными наблюдатель-ными данными, так и с исследованиями других авторов, например, Д о ц е н к о и И н г е р о в а (2 0 1 1) .

A dramatic photograph of a lighthouse on a rocky island. A massive, white-capped wave is crashing over the lighthouse, partially obscuring it. The lighthouse has a red door at the base and a lantern room on top. The sky is overcast and grey. The foreground shows a rocky, sandy shore with some sparse vegetation.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ