

Сейшевые колебания в районе Антарктики

Н.В.Маркова,

Н.А.Миклашевская,

Л.В.Черкесов

*Морской гидрофизический
институт*

НАН Украины

г. Севастополь

ул. Капитанская 2

Проведен численный эксперимент для кольцевого бассейна переменной глубины с использованием модели, предложенной в [1]. Ширина кольца выбирается равной 1000 км ($a_1=1500$ км, $a_2=2500$ км), а глубины у вертикальных боковых стенок (внутренней и внешней) — равными 200 м и 4000 м соответственно. Глубина в районе «излома» дна, который находится на расстоянии 200 км от его внутренней стенки, составляет 3000 м. Таким образом, профиль дна имеет вид, изображенный на рис.1. Выбранные параметры приближенно соот-

ветствуют району Антарктики между 60° ю.ш. и 70° ю.ш. [2,3].

Изучались свободные колебания жидкости, заполняющей кольцевой бассейн, с учетом влияния силы Кориолиса: параметр Кориолиса f выбирался равным $-1,32 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, что соответствует 65° ю.ш. (бассейн окружает Южный полюс Земли). Значения параметра ε [1] выбирался равными 0,1;2.

В результате исследования получены амплитудные функции $\bar{\zeta}_k(r)$ ($k=1, \dots, 4$). Они нормировались так, чтобы их максимальные значения были одинаковы и составляли 20 см. Это выполнимо в силу того, что исследуемые колебания являются свободными. Здесь и далее над $\zeta_k(r)$, $u_k(r)$, $v_k(r)$ черточки для простоты письма опускаем.

1. В случае $s=0$ для мод $k=1, \dots, 4$ наибольшее отклонение свободной поверхности имеет место на внутренней границе бассейна, у вертикальной стенки ($r=a_1$).

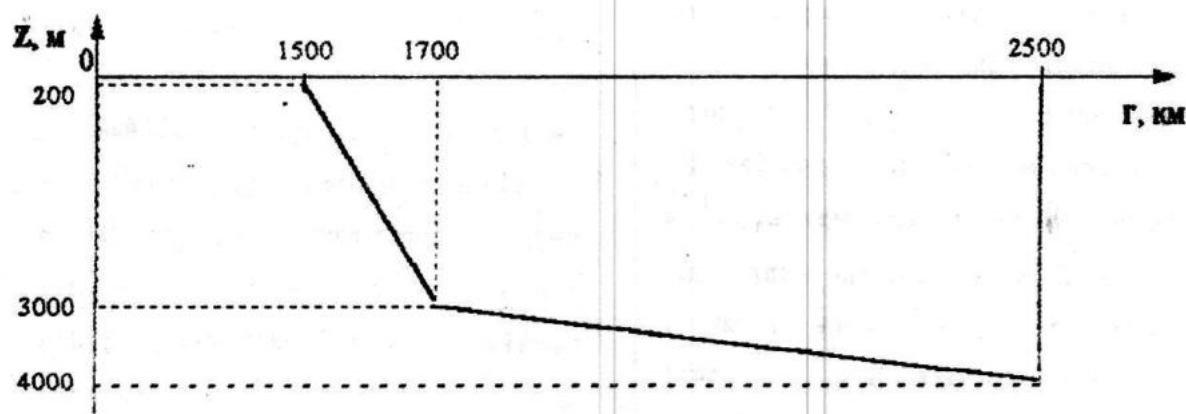


Рисунок 1. Профиль дна кольцевого бассейна.

Амплитуды волн внутри бассейна и на внешней границе ($r=a_2$) для разных мод различны и не превышают 12 см. В табл.1 приведены периоды СЛК. Анализируя данные этой таблицы, получаем, что периоды колебаний с ростом номера моды уменьшаются для каждого s (для $s=0$: от 2 ч. 57 мин. ($k=1$) до 50 мин. при $k=4$). Величина параметра s влияет только на периоды первой моды свободных колебаний жидкости для каждого из случаев $s=1,2$ (с ростом s период первой моды уменьшается). Координаты узловых точек свободной поверхности для всех мод приведены в табл. 2. Из нее видно, что количество узлов совпадает с номером моды.

Количество узловых точек радиальной составляющей скорости $u_r(r)$ равно $k+1$, а максимальные значения $|u_r(r)|$ для всех четырех мод достигаются около внутренней границы (максимумы $|u_r(r)|$ ($k=1, \dots, 4$) достигают значений 0,7; 1,1; 1,4; 1,7 см/с в точках 1598; 1557; 1541; 1531 км соответственно). Отсюда следует, что при одной и той же амплитуде максимумы радиальной скорости для сейш различных мод возрастают с увеличением номера моды (уменьшением периода колебаний). Так, $\max |u_r(r)|$ больше $\max |u_r(r)|$ в 2,4 раза. В тех точках, где амплитуды волн достигают экстремальных величин, радиальная составляющая скорости равна нулю. Из анализа численных

расчетов следует, что касательная составляющая скорости является малой (максимальные значения для всех четырех мод – менее 2 мм/с).

Таблица 1.

Периоды и фазовые скорости волн

S	k	Период СЛК	Фазовая скорость, рад/сек
0	1	2 ч 57 мин	—
	2	1 ч 36 мин	—
	3	1 ч 7 мин	—
	4	50 мин	—
1	1	20 ч 18 мин	$8,6 \cdot 10^{-5}$
	2	2 ч 55 мин	$6,0 \cdot 10^{-4}$
	3	1 ч 36 мин	$1,1 \cdot 10^{-3}$
	4	1 ч 7 мин	$1,57 \cdot 10^{-3}$
2	1	10 ч 9 мин	$8,6 \cdot 10^{-5}$
	2	2 ч 49 мин	$3,1 \cdot 10^{-4}$
	3	1 ч 35 мин	$5,5 \cdot 10^{-4}$
	4	1 ч 6 мин	$7,9 \cdot 10^{-4}$

2. При $s=1,2$ профили свободной поверхности качественно отличаются от полученных при $s=0$: в этих случаях количество узловых точек равняется $k-1$. Таким образом, узловая точка для первой моды ($k=1$) имеется только в случае $s=0$. Для остальных ($s=1,2$) случаев первая мода узлов не имеет. Кроме того, при $s=1,2$, $k=1$ максимальная амплитуда волн достигаются не на внутренней (как при $s=0$), а на внешней границе бассейна.

Максимальные амплитуды волн для $k=2, \dots, 4$ достигаются там же, где и при $s=0$ – на внутренней границе бассейна. При $s=2$ значения функции $\zeta_k(r)$ отличаются от значений $\zeta_k(r)$, $s=1$

в соответствующих точках не более чем на 2%.

Максимальные по абсолютной величине значения радиальных составляющих скорости для $s=1;2$ увеличиваются с ростом номера моды. Первая мода имеет малую величину радиальной составляющей (менее 1мм/с). В отличие от случая $s=0$, $u_k(r)$ теперь имеет k узловых точек ($k=2, \dots, 4$). Функция u_1 имеет 3 узловые точки. В точках локальных экстремумов $\zeta_k(r)$ ($k=1, \dots, 4$) $u_k(r)=0$. При $k=1$, кроме того, имеется нуль функции u_k между двумя экстремумами свободной поверхности.

Максимальные значения касательных составляющих убывают с ростом номера моды. Максимум функции $|v_r(r)|$ имеет место на внешней границе бассейна и составляет 9,1 мм/с для случаев $s=1;2$. Для $k=2, \dots, 4$ максимумы $|v_r(r)|$ достигаются вблизи внутренней границы (их координаты — 1595; 1557; 1541 км соответственно).

Таблица 2.
Координаты узловых точек ϕ -и $\zeta_k(r)$, км.

k	S		
	0	1	2
1	2012,2	—	—
2	1705,2 2228,2	2023,4	2034,0
3	1607,7 1934,0 2308,1	1706,5 2229,9	1706,8 2231,5
4	1567,8 1795,2 2067,6 2354,1	1607,9 1934,5 2308,6	1607,7 1939,9 2309,3

При этом величины их по крайней мере в два раза меньше, чем для первой моды. Касательные составляющие v_r , как и профили свободной поверхности ζ_k , имеют $k-1$ узловую точку. Координаты узловых точек свободной поверхности приведены в табл.2. Как видно, количество узлов функции $\zeta_k(r)$ и номер моды совпадают для случая $s=0$ и на единицу меньше номера моды для $s=1;2$. Кроме того, для каждого s с ростом k последняя узловая точка свободной поверхности смещается вправо, к внешней границе бассейна.

Значения фазовых скоростей также содержит табл.1. Заметим, что для случая $s=0$ СЛК в кольцевом бассейне не имеют фазовой скорости. При $s=1$ с увеличением номера моды от 1 до 4 $v_{фаз}$ возрастают. К примеру, фазовая скорость 4-й моды больше фазовой скорости 1-й моды в 18 раз. Та же тенденция обнаруживается и для $s=2$: $v_{фаз}$ растет, причем соотношение $v_{фаз1}/v_{фаз2}$ теперь больше и равняется 36. Это происходит в силу того, что для первой моды и при $s=1$, и при $s=2$ фазовые скорости одинаковы, а для мод 2,3,4 $v_{фаз}$ при $s=1$ вдвое больше $v_{фаз}$ ($s=2$).

4. Из вышесказанного можно сделать несколько *общих выводов*.

1). Для случая четных мод при $s=0$ колебания жидкости происходят в одной фазе у внутренней и внешней границ кольцевого бассейна (наблюдается либо

прилив, либо отлив на обеих границах одновременно). Для нечетных мод колебания происходят в противофазе (если на внутренней границе – прилив, то на внешней – отлив, и наоборот). Для $s=1;2$ та же ситуация имеет место, за исключением первых мод, когда свободная поверхность не имеет узловых точек и на обеих границах одновременно наблюдается прилив.

2). Максимальное значение радиальной составляющей скорости увеличивается с ростом номера моды для $s=0;1;2$.

3). Количество узловых точек радиальной составляющей при $s=0$ составляет для k -й моды ($k=1, \dots, 4$) величину $k+1$. Для случаев $s=1;2$ первые моды имеют по 3 узла, а моды 2,3,4 имеют по k узловых точек.

4). Касательные составляющие скорости первых мод ($s=0;1;2$) не имеют узловых точек. Для других рассмотренных мод в случае $s=0$

количество узлов совпадает с номером моды, а при $s=1;2$ на единицу меньше номера моды. Максимумы v_k ($s=0;1;2$) с ростом k убывают.

5). В точках локальных экстремумов свободной поверхности радиальная составляющая скорости равна нулю, а значение касательной составляющей во всех точках свободной поверхности не превышает 2 мм/с.

Список литературы

1. Миклашевская Н.А., Черкесов Л.В. Сейши в кольцевом бассейне переменной глубины // Морской гидрофизический журнал. - 1999. - №1. - С.11-20.
2. Саруханян Э.И., Смирнов Н.Н. Водные массы и циркуляция Южного океана. – Л.: Гидрометеонадат, 1986.
3. Regional atlas of the world. – Edinburgh, 1948, 160 p.