

В.П.Ястреб, Т.В.Хмара

Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЛИВНЫХ ВОЛНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ В МОРЯХ СРЕДИЗЕМНОМОРСКОГО ТИПА

Показаны общие закономерности и региональные особенности приливных колебаний в морях средиземноморского типа: Адриатическом, Красном и Черном. Сравнительный анализ проведен на основе оценки пространственно-временных характеристик волновых движений, натурных наблюдений, модельных численных экспериментов на основе баротропной модели.

Общеизвестно, что волновые движения океанов и морей весьма разнообразны. Диапазон энергетически значимых пространственно-временных масштабов составляет 9 – 10 порядков единиц. Связано это, с одной стороны, с разнообразием механизмов их генерации и распространения, а, с другой стороны, с физико-географическими характеристиками среды (глубина океана или моря, стратификация вод, характеристики рельефа дна, близость берегов и их очертания, процессы взаимодействия атмосферы и океана и др.), в условиях которых реализуются эти механизмы. Отсюда столь же большое многообразие подходов и методов их изучения. Условно подходы можно подразделить на два класса: геофизический и географический. В первом случае исследовательская работа направлена на понимание физики того или иного вида волновых движений. В основе этого лежат и экспериментальные методы в виде проведения в море оригинальных тонких экспериментов и теоретические – физико-математическое моделирование волновых движений. При реализации географического подхода волны рассматриваются как материальные носители изменчивости и трансформации гидрологической и кинематической структуры вод в морях и океанах. Поэтому главная задача сводится к установлению пространственно-временные параметров волновых движений, которые существенно зависят от характера физико-географических условий морского бассейна. Следовательно, такие исследования имеют большое региональное значение.

Цель предлагаемой работы состоит в установлении общих закономерностей и региональных особенностей приливных колебаний в морях средиземноморского типа: Адриатическом, Красном и Черном. Несмотря на внутриматериковое положение и сравнительно небольшое отдаление друг от друга, по своим физико-географическим условиям эти моря весьма разнообразны, что определяет специфику процесса формирования в них приливных движений.

Рассмотрение собственных приливных колебаний, а также индуцированного прилива во внутренних морях выполняется по следующей схеме:

- 1) оценка пространственно-временных характеристик волновых движений с помощью аналитических дисперсионных соотношений;
- 2) обработка и анализ натурных наблюдений осуществляется на основе

© В.П.Ястреб, Т.В.Хмара, 2005

предварительных оценок пространственно-временных характеристик волн;

3) проведение модельных численных экспериментов на основе баротропной модели.

Оценки пространственно-временных характеристик приливных волн. Для получения оценок пространственно-временных характеристик приливных волн в замкнутых или почти замкнутых морях с помощью аналитических дисперсионных соотношений необходимо учитывать следующие физико-географические условия [1]: 1) размеры бассейнов и их форму (очертания берегов особенности рельефа дна; 2) местоположение бассейна на поверхности Земли – ориентацию бассейна относительно сторон горизонта и соседних водоемов; 3) степень связанности бассейна с соседними водоемами; 4) условия на границах бассейна; 5) географическая широта бассейна.

Отсюда возникает необходимость дать краткую сравнительную характеристику физико-географических условий Адриатического, Красного и Черного морей, определяющих особенности процессов формирования и существования в них приливных движений.

Величины физико-географических характеристик, значимые для формирования и существования приливных колебаний во внутренних морях, представлены в табл.

Как известно, для формирования и существования приливных движений во внутренних морях наиболее важную роль играют морфометрические характеристики котловины бассейна – ее размеры и форма. Именно от них зависит величина и вид развивающихся в море приливных движений. Размеры и форма бассейна определяют собственный период свободных колебаний τ заключенной в бассейне водной массы, т.е. колебаний, которые совершает система, выведенная из состояния равновесия. В простейшем случае внутреннее море рассматривается как прямоугольный узкий замкнутый бассейн глубиной h и длиной L . Для расчета величины τ используются формулы Мериана:

$$\tau_n = \frac{2L}{(n+1)\sqrt{gh}}, \quad (1)$$

где $n = 0, 1, \dots$, а $(n+1)$ – число узлов собственного стоячего колебания или сейши. Наибольший собственный период $\tau_0 = 2L/\sqrt{gh}$ соответствует одноузловой сейше и равен времени двойного пробега вдоль бассейна свободной длиной волны, движущейся со скоростью \sqrt{gh} . Эти расчеты могут быть применимы ко всем рассматриваемым нами морям.

Для бассейна, соединенного одним концом с обширным водоемом (океаном), формула Мериана имеет вид

$$\tau'_n = \frac{4L}{(2n+1)\sqrt{gh}}, \quad (2)$$

причем наибольший собственный период $\tau'_0 = 4L/\sqrt{gh} = 2\tau_0$ равен теперь учетверенному времени пробега приливной волны вдоль бассейна. Расчеты собственного периода свободных колебаний наиболее применим в нашем случае к Адриатическому морю, соединенному с Ионическим морем проливом Отранто, и Красному, соединенному Баб-эль-Мандебским проливом с Аденским заливом Индийского океана.

Т а б л и ц а . Физико-географические условия формирования собственного и индуцированного приливов Адриатического, Красного и Черного морей.

морфометрические характеристики морей	Адриатическое море	Красное море	Черное море
ориентация бассейна	субмеридиональная		широтная
географическая широта бассейна (с.ш.): φ_1 – средняя, φ_2 и φ_3 – крайней северной и южной точек	$\varphi_1 = 43^\circ$; $\varphi_2 = 45^\circ 48'$; $\varphi_3 = 40^\circ 12'$	$\varphi_1 = 22^\circ$; $\varphi_2 = 29^\circ 50'$; $\varphi_3 = 12^\circ 30'$	$\varphi_1 = 43^\circ 30'$; $\varphi_2 = 46^\circ 40'$; $\varphi_3 = 40^\circ 53'$
соотношение длины L (км) и ширины b (км) бассейна	$L = 800$; $b = 200$; $L/b = 4,0$	$L = 1932$; $b = 280$; $L/b = 6,9$	$L = 1167$; $b = 280$; $L/b = 4,17$
средние глубины бассейна (м): h_1 – в целом, h_2 – шельфа, h_3 – глубоководной зоны	$h_1 = 237$; $h_2 = 120$; $h_3 = 800$	$h_1 = 437$; $h_2 = 100$; $h_3 = 2000$	$h_1 = 1315$; $h_2 = 30$; $h_3 = 2000$
соотношение площадей шельфовой $S_{ш}$ и глубоководной S_z зон	$S_{ш}/S_z = 0,8$	$S_{ш}/S_z = 0,4$	$S_{ш}/S_z = 0,47$
объем воды V (тыс. км ³) и площадь поверхности моря S (тыс. км ²)	$V = 33,0$; $S = 139,3$	$V = 210$; $S = 460$	$V = 555$; $S = 422$
характер искривления береговой линии (заливы, п-ова, о-ва и островные группы)	п-ва Истрия и Гарагана, островная группа на Балканском побережье	Суэцкий залив, зал. Акаба, о-ва Дахлак и Фарасан, берег преимущественно выровненный	Крымский п-ов, выступ в средней части Анатолийского побережья
характеристики проливов: ширина в узкой части a (км), глубина порога h_{max} (м)	Отранто $a = 75$; $h_{max} = 650$	Баб-эль-Мандебский $a = 26$; $h_{max} = 125$	Босфор $a = 0,7$; $h_{max} = 40$

Для широкого замкнутого прямоугольного бассейна, в котором необходимо учитывать горизонтальные движения в двух измерениях, обобщенная формула Мериана приобретает вид

$$\tau_{n,m} = \frac{2}{\sqrt{gh}} \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{n}{L}\right)^2 + \left(\frac{m}{b}\right)^2}}, \quad (3)$$

где m и n – целые числа, b – ширина бассейна. При наличии соединения бассейна с океаном определение τ усложняется и существенно зависит от параметров соединяющего пролива.

Очевидно, что в рассматриваемых нами морях наиболее далеки от реальных значений τ оценки, полученные по формуле Мериана для простейшего случая – узкого прямоугольного бассейна. Тем не менее, они дают общие представления о роли морфометрических условий, определяющих

собственный период приливных колебаний во внутренних морях. Ближе к реальным условиям можно отнести формулы для прямоугольного бассейна, соединенного одним концом с обширным водоемом.

Для характеристики близости фактических условий к резонансу часто используется так называемый критерий Дефанта: $\nu = \tau_0/T$. Чем ближе между собой τ и приливной период T , тем сильнее степень резонансного возбуждения водной массы бассейна. По существу речь идет о явлении, приводящего к увеличению амплитуды вынужденных колебаний системы при приближении периода внешнего воздействия к одному из периодов собственных колебаний этой системы. Величина ν для суточных и полусуточных гармоник различается примерно вдвое, и поэтому возможны случаи, когда, например, для суточных гармоник выполняются резонансные условия, способствующие росту амплитуд, а для полусуточных гармоник – антирезонансные условия, препятствующие этому росту.

Очевидно, что рассмотренные формулы относятся к идеализированным условиям и в случае реальных бассейнов могут служить лишь для ориентировочной оценки.

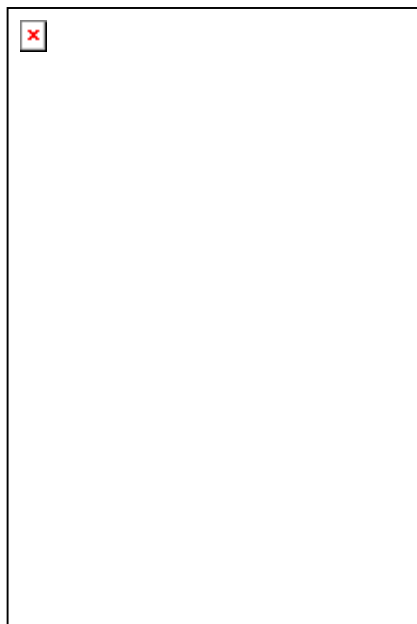
По своему местоположению на земной поверхности рассматриваемые моря располагаются в разных географических поясах: Черное море, за исключением узкой южной полосы, преимущественно располагается в умеренном поясе; большая часть Адриатического моря – в субтропическом; Красное – в тропическом. При этом Черное море имеет зональную ориентацию, а Адриатическое и Красное моря – субмеридиональную. Эти обстоятельства определяют величину и характер приливообразующих сил, действующих на водную поверхность, т.е. имеет значение для собственного прилива. А.И.Дуванин [2], дифференцируя выражения для главных гармоник M_2 и K_1 статического прилива по горизонтальным направлениям вдоль меридиана (\uparrow) и параллели (\rightarrow) и подставляя соответствующие каждой гармонике амплитудные коэффициенты и значения угловой частоты [2], получил следующее выражение:

$$\begin{aligned} F_{M_2}^{\uparrow} \text{ (дины)} &= -\frac{1}{2} 7,48 \cdot 10^{-5} \sin 2\varphi \cos(28,984t - \Phi_{M_2} - 2\lambda); \\ F_{M_2}^{\rightarrow} \text{ (дины)} &= 7,48 \cdot 10^{-5} \cos \varphi \sin(28,984t - \Phi_{M_2} - 2\lambda); \\ F_{K_1}^{\uparrow} \text{ (дины)} &= 4,37 \cdot 10^{-5} \cos 2\varphi \cos(15,041t - \Phi_{K_1} - \lambda); \\ F_{K_1}^{\rightarrow} \text{ (дины)} &= 4,37 \cdot 10^{-5} \sin \varphi \sin(15,041t - \Phi_{K_1} - \lambda); \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь Φ – фаза статического прилива на меридиане Гринвича; t – среднее гринвичское время, выраженное в часах, а φ и λ – широта и западная долгота данной точки моря (восточная долгота входит с обратным знаком).

Из выражения (4) видно, что в районе экватора и в низких широтах это обстоятельство, при прочих равных условиях, должно проявляться особенно четко: если бассейн вытянут с юга на север, в его собственном приливе должен преобладать суточный прилив.

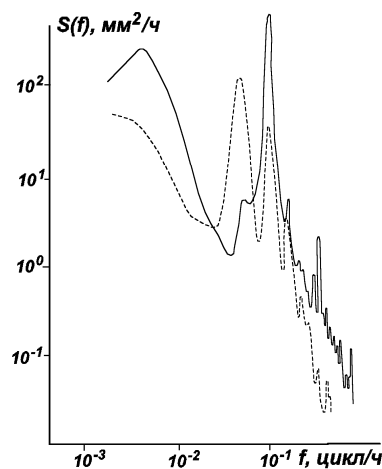
Красное море. Из рассматриваемых бассейнов условия (1), (2) и (4) в наибольшей степени относятся к Красному морю. Котловина Красного моря даже при самых грубых допущениях вряд ли может быть отнесена к бассейну простейшей формы с прямоугольным сечением. Красное море занимает длинную глубокую узкую депрессию длиной 1932 км, вытянутую с северо-востока на юго-запад. Средняя ширина моря около 280 км, мак-



Р и с . 1 .Высота среднего сизигийного прилива (м) по [3].

симальная 306 км близ Массауа, минимальная в северной части моря на широте м.Банас – всего около 150 км [3]. Приливы в Красном море проявляются в основном в виде стоячей волны полусуточного прилива [3]. Разница в наступлении времени полной воды в северной и южной частях равна 6 ч. Величина среднего сизигийного прилива на севере и на юге составляет 0,5 м и уменьшается в центральной части моря (рис.1). Узловая линия проходит по линии Порт-Судан – Джидда [3]. Вместе с тем, эта закономерность выполняется не на всей акватории моря. Так, на спектрах колебаний урвонной поверхности Красного моря вблизи Баб-эль-Мандебского пролива ярко выражены два пика (рис.2) на частотах 0,042 и 0,081, что соответствует периодам 24 и 12,4 ч. Обращает на себя внимание превосходство по интенсивности суточного максимума

над полусуточным [4]. Обусловлено это тем, что большая часть моря расположена в достаточно низких широтах, чтобы здесь выполнялось условие (4). К тому же, Красное море через Баб-эль-Мандебский пролив соединяется с Аденским заливом Индийского океана, в результате чего возникает индуцированный прилив, представляющий собой реакцию на периодическое воздействие со стороны смежного водоема, где происходят свои приливные движения. Фактически прилив в южной части Красного моря является суммой указанных двух систем приливных колебаний. Доминирует суточный прилив, главным образом, в узловых зонах, но в очень ограниченных случаях. Верселли [5], использовав соотношение суточных и полусуточных составляющих волн приливов $(K_1 + O_1) / (M_2 + S_2)$ для определения характера прилива, выделил три типа приливов в Красном море: суточный тип в узловых зонах полусуточного прилива в Порт-Судане и Асэбе; смешанный тип в узловых зонах Суэцкого и Аденского заливов; чистый полусуточный прилив за пределами узловых зон. Дефант [6] на основании обобщения материалов предыдущих исследований и собственных расчетов пришел к выводу, что приливы в Красном море по существу имеют соколебательный характер и возбуждаются приливами Индийского океана. В самом море влияние астрономических факторов вызы-



Р и с . 2 . Типовые спектры колебаний уровня моря в Баб-эль-Мандебском проливе (—) и внутренних районах моря (- - -).

вает лишь небольшие изменения уровня, главным образом, в фазе полусуточного прилива. Штернек [цит. по 3], проанализировав наблюдения Верселли [5], отметил, что отношение амплитуды собственного прилива к соколебательному для большей части моря 1:3 для волны M_2 и 1:4 для волны S_2 .

Адриатическое море также представляет собой субмеридианально вытянутый с северо-запада на юго-восток бассейн, расположенный между Аппенинским и Балканским п-овами. В рельефе дна преобладает шельф (67 %). Глубины возрастают постепенно с северо-запада на юго-восток и у о-вов Пелагрус достигают 180 м. Глубоководная зона представлена двумя котловинами, ограниченными 200 м изобатой. Одна котловина представляет собой поперечный прогиб дна в центральной части моря с максимальной глубиной 243 м. Юго-восточная котловина – это широкий прогиб с хорошо выраженным выровненным дном, имеющая свое продолжение в пролив Отранто и в Ионическом море. Максимальная глубина 1590 м. Величины периодов собственных свободных колебаний первой горизонтальной моды, рассчитанные по формуле (1), равны 4,6 ч. Расчеты величины τ по формуле (2), учитывающей соединение одним концом бассейна (пролив Отранто), дают 6,1 ч. Между тем соотношение длины L Адриатического моря к его ширине b составляет 4,0, тогда как в Черном море 4,1, а в Красном море 6,9 (табл.). В таком случае (расчеты по формуле (3)) τ равно 2,2 ч. Следовательно, в Адриатическом море, как и в Черном, наряду с продольными движениями можно ожидать и поперечные. Водообмен осуществляется через широкий и довольно глубокий пролив Отранто. Это обстоятельство позволяет предположить наличие сложной картины приливных колебаний в южной глубоководной зоне водоема в результате взаимодействия индуцированных приливов Адриатического и Ионического морей, а в северной мелководной – продольно-поперечную сейшу приливного происхождения. Но в таком случае на реакцию водной массы на действующие силы влияет географическая широта, от которой зависит величина параметра Кориолиса. Кроме того, они подвержены влиянию сил трения. Все эти факторы могут приводить к значительным отклонениям τ от величины, обусловленными морфометрическими параметрами бассейна, а также существенно усложнять пространственную структуру волн.

Сложную структуру приливных колебаний в реальных водоемах подтверждают данные наблюдений. Так, с помощью уровенных наблюдений установлено, что в Адриатическом море развиваются интенсивные стоячие волны с периодами, близкими к периодам суточного и полусуточного периода: 22 и 11 ч. Стоячая волна с периодом 22 ч представляет собой одноузловую продольную моду свободных колебаний, узловая линия которой расположена в проливе Отранто. Амплитуда сейши уменьшается с севера на юг. Максимальное значение ее амплитуды наблюдается у северо-западных берегов моря и составляет 40 см [7]. Пространственная структура сейши с периодом 11 ч анализируется в [8]. Полусуточные приливы наблюдаются в северной половине моря. Их пространственная структура представляет собой волну, фаза которой перемещается вокруг амфидромической точки, оставаясь берег справа (рис.3). При этом узловая линия проходит примерно вдоль изобаты 85 м. На северо-западе значения амплитуды изменяются в пределах 20 – 30 см; в юго-восточной части моря они составляют ~ 5 см. По-

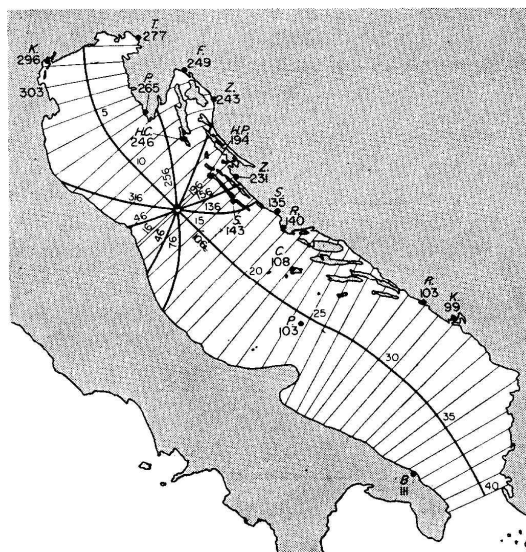


Рис. 3. Прилив M_2 в Адриатическом море (по [6]).

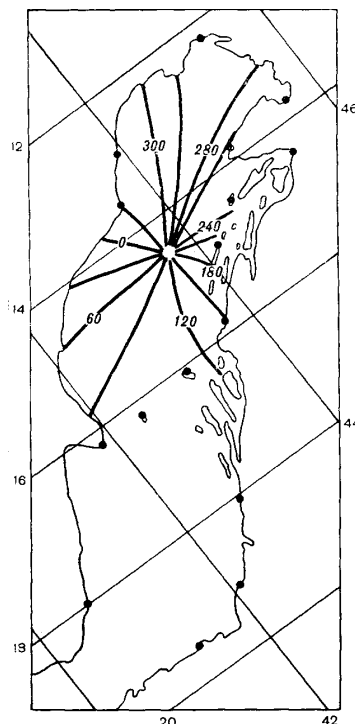
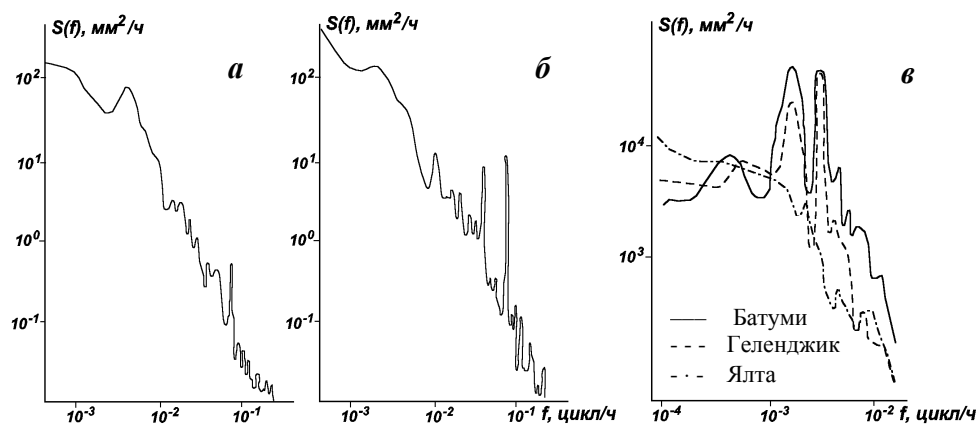


Рис. 4. Аналитическое моделирование прилива M_2 в Адриатическом море (по [9]).

хожую картину дают карты, полученные с помощью аналитического моделирования прилива M_2 (рис.4) Хендершотом и Сперанца [9] и Дефантом [6].

Черное море – наиболее обособленная часть Мирового океана. В районе юго-западного побережья оно сообщается с Мраморным морем через узкий пролив Босфор (см. табл.). Средняя глубина 1315 м, наибольшая глубина 2210 м. Шельф занимает около 25 % площади моря и в среднем ограничивается 100 – 120 м. Наибольшей ширины шельф достигает в северо-западной части моря (около 250 км), которая вся располагается в пределах шельфовой зоны. Глубоководная котловина зонально ориентирована. Дно котловины (35 %) – плоская аккумулятивная равнина. Согласно расчетам период собственных свободных колебаний в глубоководной зоне моря ($h = 2000$ м, $L = 1160$ км) равен 2,3 ч. Однако величина соотношения длины к ширине бассейна $L/b = 4,1$ свидетельствует о возможности существования, как и в Адриатическом море, продольно-поперечной структуры. Поэтому наиболее точную оценку можно собственного периода одноузловой сейши с помощью обобщенной формулы Мериана (3), в которой учитываются горизонтальные движения в двух измерениях. Собственный период колебаний глубоководной зоны, в результате расчетов по (3), составляет 2,9.

Сложную пространственную структуру баротропных приливов подтверждает спектральный анализ данных наблюдений за колебаниями свободной поверхности моря [11]. На энергетических спектрах колебаний уровня моря у западного и восточного побережий Черного моря отчетливо выделяется пик на частоте 0,081 цикл/ч, что соответствует периоду 12,4 ч (рис.5, а, б). Расчет взаимных спектральных характеристик показал, что когерентность полусуточных колебаний $R(\omega)$, наблюдаемая в восточной и северо-западной сторонах бассейна, составляет 0,99, а разность фаз $\Delta\varphi(\omega) =$

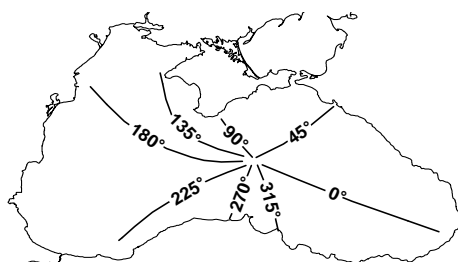


Р и с . 5 . Средние частотные спектры колебаний уровня моря на Крымском (а) и Кавказском побережье (б); частотный спектр изменения плотности потенциальной энергии полусуточных колебаний (в).

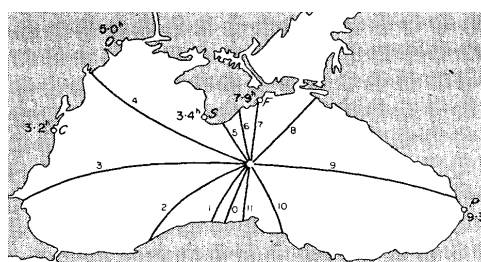
190°. Амплитуда этих колебаний достигает 8 – 12 см. Пространственно-временной спектральный анализ [11] свидетельствуют о развитии в Черном море длинной баротропной полусуточной волны ($\lambda \sim 2000$ км). Если учесть, что расстояния по прямой между крайними точками юго-восточной и северо-западной частей моря составляет 1000 км, этот волновой вектор отражает существование в Черном море стоячей одноузловой полусуточной волны. В то же время, расчеты когерентности и разности фаз на частоте 0,081 цикл/ч для пунктов наблюдений (от Батуми до Одессы) относительно п.Батуми говорят о существовании амфидромической системы, вращающейся вокруг моря по часовой стрелке. На их основе были построена котидальная схема (рис.6), несколько отличающаяся от котидальной карты Дефанта [6] (рис.7).

Расчеты временных периодограмм (рис.5, в) свидетельствуют о том, что для полусуточных колебаний в Черном море характерна перемежаемость с периодичностью 26,5 и 13,5 сут, соответствующих лунной месячной M_T и лунной двухнедельной M_f приливным гармоникам. Отсюда следует приливная природа полусуточных стоячих волн, а их перемежаемость обусловлена месячными приливными неравенствами.

Результаты численных экспериментов на основе баротропной модели. Очевидно, что рассмотренные формулы относятся к идеализированным условиям и в случае реальных бассейнов могут служить лишь для ориентировочной оценки. В реальных же водоемах важную роль, как было по-



Р и с . 6 . Пространственная структура полусуточных колебаний.



Р и с . 7 . Амфидромии полусуточных приливов в Черном море (по [6]).

казано выше по данным наблюдений на примере Адриатического моря, играет рельеф дна. Для получения пространственной картины полусуточных приливов в рассматриваемых морях были выполнены численные расчеты собственных колебаний с помощью баротропной модели для замкнутого бассейна с реальным рельефом дна [10].

В Красном море полусуточная стоячая волна имеет симметричный характер (рис.8, *а*): узловая линия делит море на две равные части. В то же время амплитуды колебаний на шельфе в южной части моря у африканского берега в 1,5 раза больше, чем в равноудаленной от узловой линии северной части. Кроме того, в Баб-эль-Мандебском проливе амплитуды полусуточных колебаний снижаются, что соответствует карте распределения амплитуд полусуточного сизигийного прилива, построенной на основе данных наблюдений (рис.1) [3].

Результаты численного моделирования баротропных сейш в Адриатическом море [7] показали хорошее совпадение с натурными наблюдениями. Самый большой период колебаний равен 21,5 ч. Узловая линия этих колебаний совпадает с жидкой границей. Амплитуда колебаний постепенно увеличивается с юго-востока на северо-запад, где происходит сгущение изоамплитуд в области мелководной части шельфа (< 100 м). Колебания с периодом колебаний 10,2 ч представлены одноузловой сейшей. Ее узловая линия располагается в северо-западной части моря вблизи изобаты 100 м (рис.8, *б*).

В Черном море, как показали расчеты, самый большой период стоячих колебаний равен 9,7 ч (рис.8, *в*), что соответствует одноузловой сейше. Узловая линия проходит над кромкой шельфа, являющейся естественной границей между мелководной северо-западной и глубоководной частями моря. Наибольшие амплитуды колебаний урвненной поверхности отмечаются на шельфе северо-западной части моря, особенно в Одесском заливе. В этом районе амплитуда колебаний приблизительно в 10 раз больше, чем в глубоководной зоне моря. Здесь же градиенты урвненной поверхности значительно выше, чем в остальных частях моря. При этом изоамплитуды зонально ориентированы, тогда как в глубоководной части моря изоамплитуды вытягиваются с севера на юг. Таким образом, в Черном море $\tau < T$, поэтому полусуточные колебания вследствие морфометрических характери-



Рис.8. Пространственная структура баротропных сейш Красного (для периода 12,4 ч) (*а*), Адриатического (для периода 10,2 ч) (*б*) и Черного (для периода 9,7 ч) (*в*) морей.

стик бассейна могут быть только вынужденными.

Выводы. 1. Роль в формировании региональных особенностей приливных движений в морях средиземного типа по приоритетам принадлежит следующим физико-географическим условиям: морфометрические характеристики бассейнов (соотношение длины и ширины, средней глубины, соотношение площади мелководного шельфа и глубоководной зоны моря); степень связанности со смежными бассейнами; ориентация в пространстве и географическая широта бассейна.

2. В Адриатическом море особенности пространственно-временной структуры приливных движений обусловлены преобладанием в рельефе дна мелководного шельфа ($h_{cp} = 30$ м, что составляет 60 % от общей площади бассейна); отношение $L/b = 4,2$, что способствует образованию амфидромической системы приливных полусуточных колебаний. Высокая степень связанности со смежным бассейном – узловая линия с периодом 22 ч расположена в поливе Отранто.

3. В Красном море приливные движения зависят от преобладания площади глубоководной зоны моря (около 60 %), близости берегов ($L/b = 6,9$), высокой степени связи с Аденским заливом, благодаря чему в южную часть моря проникает суточный индуцированный прилив.

4. В Черном море на структуру приливов влияет широкий шельф северо-западной части моря и значительная средняя глубина бассейна ($L/b = 4,1$), что способствует образованию амфидромической системы полусуточных колебаний, а также высокая степень обособленности от смежных бассейнов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов А.В. Приливные волны в окраинных морях.– Л.: Гидрометеиздат, 1975.– 247 с.
2. Дуванин А.И. Приливы в море.– Л.: Гидрометеиздат, 1960.– 390 с.
3. Morcos S.A. Physical and chemical oceanography of the Red Sea // Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.– 1970.– v.8.– P.73-202.
4. Иванов В.А., Косарев А.Н., Маслов А.Ф., Ястреб В.П. Красное море.– СПб: Гидрометеиздат, 1992.– 208 с.
5. Vercelli F. Ricerche di oceanografia fisica eseguite dalla er Nava A. Magnahi (1923 – 1924). Part 1. Correnti e maree // Annali Idrografici.– 1925.– 11.– P.1-188.
6. Defant A. Physical oceanography.– Pergamon Press, 1961.– v.2.– 598 p.
7. Иванов В.А. Среднемасштабная динамика вод в южных морях: современное представление.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 1996.– 312 с.
8. Defant A. On the origin of internal tide waves in the open sea // J. Mar. Res.– 1950.– 9, №2.– P.111-119.
9. Hendershott M.C., Speranza A. Co-oscillating tides on long, narrow bays; the Teylor problem revised // Deep-Sea Res.– 1971.– 8, №10.– P.959-980.
10. Архипкин В.С., Иванов В.А., Николаенко Е.Г. Моделирование баротропных сейш в южных морях // Моделирование гидрофизических процессов и полей в замкнутых водоемах и морях.– М.: Наука, 1989.– С.104-117.
11. Иванов В.А., Ястреб В.П. О колебаниях уровня Черного моря // Водные ресурсы.– 1989.– 2.– С.97-104.

Материал поступил в редакцию 12.03.2005 г.