

## Роль приливообразующих сил Луны и Солнца в образовании крупномасштабных циркуляций в океанах, морях и крупных озерах.

В. А. Щевьёв ([shtshevev@rambler.ru](mailto:shtshevev@rambler.ru)), г. Москва, Государственный океанографический институт (ГОИН).

**Аннотация.** Показано, что крупномасштабные **антициклонические** циркуляции в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах образованы воздействием приливообразующих сил Луны и Солнца на водные массы вблизи экватора. Крупномасштабные **циклонические** циркуляции (наиболее известные части которых – экваториальные противотечения) в тех же океанах, в морях и крупных озерах образованы воздействием приливообразующих сил Луны и Солнца на водные массы вне экватора. Ветровые течения – это волновой перенос ветровых волн. Роль термохалинных течений близка к нулю.

**Ключевые слова:** крупномасштабные антициклонические циркуляции в океанах, крупномасштабные циклонические циркуляции в океанах, морях и в крупных озерах. Приливообразующие силы Луны и Солнца. Экваториальные противотечения. Ветровые и термохалинные течения.

«Общая схема течений океана в главных своих чертах справедлива для Тихого, Атлантического и Индийского океанов [2]. По обе стороны от экватора с востока на запад идут два пассатных течения: Северное и Южное. Эти течения образуются в результате воздействия на водную поверхность весьма устойчивых ветров – пассатов. У западных берегов океанов пассатные течения дают начало экваториальному противотечению, так и течениям, движущимся к С и Ю вдоль материков. Следуя очертаниями берега, эти течения достигают 45 – 50 параллелей и, постепенно уклоняясь к востоку, вновь пересекают океан, образуя замкнутую крупномасштабную антициклоническую циркуляцию. Схема океанических течений находится в полном соответствии с воздушными течениями – ветрами. (рис. 1)». Таких взглядов придерживаются абсолютное большинство исследователей.

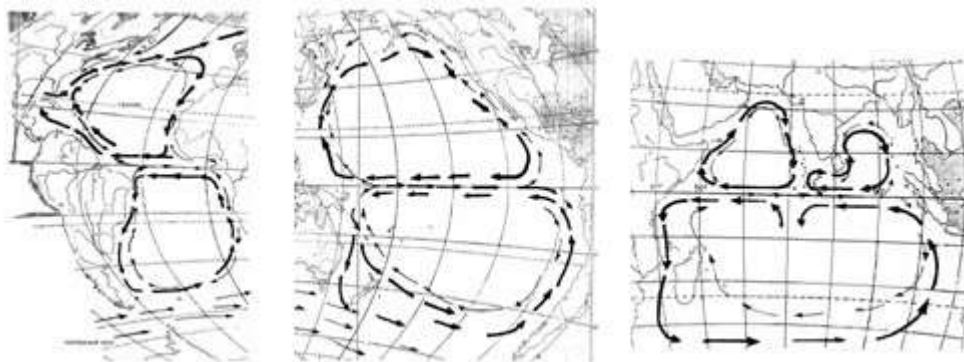


Рис. 1. Крупномасштабные циркуляции Атлантического (слева), Тихого (в центре), и Индийского (справа) океанов. Антициклонические циркуляции – толстые линии, циклонические – тонкие. [8,9,14].

Но высказываются и другие мнения. Е. Г. Никифоров (ААНИИ) на I съезде советских океанологов (1977 г) сказал: «Проблема объяснения современной циркуляции вод не может считаться удовлетворительно решенной даже на уровне качественных

гипотез. Гипотезы о ветровом происхождении циркуляции вод не объясняют глубинную циркуляцию, а гипотеза о термохалинной природе циркуляции вод опирается главным образом на существующее поле плотности. Поэтому никаких выводов о природе циркуляции вод на основе расчетов, выполненных по фактическому полю плотности сделать так же невозможно».

Вызывает большое удивление, что альтернативная гипотеза, наиболее физически обоснованная, о причине образования крупномасштабных циркуляций океана остается практически неизвестной более 250 лет. В 1744 г. И. Кант предположил, что Луна (и Солнце) тащит воду вдоль экватора с востока на запад, таким образом образуются экваториальные течения. Мы находим более 20 авторов, в работах которых описан этот механизм образования крупномасштабных антициклонических циркуляций в океанах.

Известно, что в результате воздействия приливообразующих сил Луны, в водной оболочке океана образуются приливные горбы (рис. 2) [5]. Из-за инерции водных масс максимальный прилив в данной точке океана наступает спустя некоторое время после верхней кульминации Луны в этой точке. Благодаря наличию этого запаздывания приливообразующая сила Луны имеет составляющую, нормальную к линии центров Луны и Земли. Говоря о воздействии гравитационного притяжения на водную массу, Ле Блон П., Майсек Л. (1981) пишут: «Приливное ускорение очень мало по сравнению с ускорением собственного гравитационного поля Земли (9,8 см/с.). Радиальная компонента приливного ускорения ведет к незначительному изменению локальной гравитации. Касательное ускорение так же мало, но оно существенно неуравновешенно и создает движущую силу, которая гонит воду вдоль земной поверхности с востока на запад» [4].

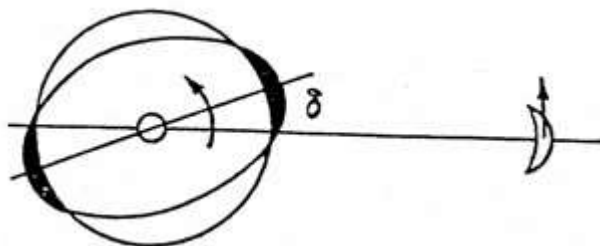


Рис. 2. Запаздывание максимума прилива по отношению к кульминации Луны. [Монин А. С., Шишков Ю. А. 1979].

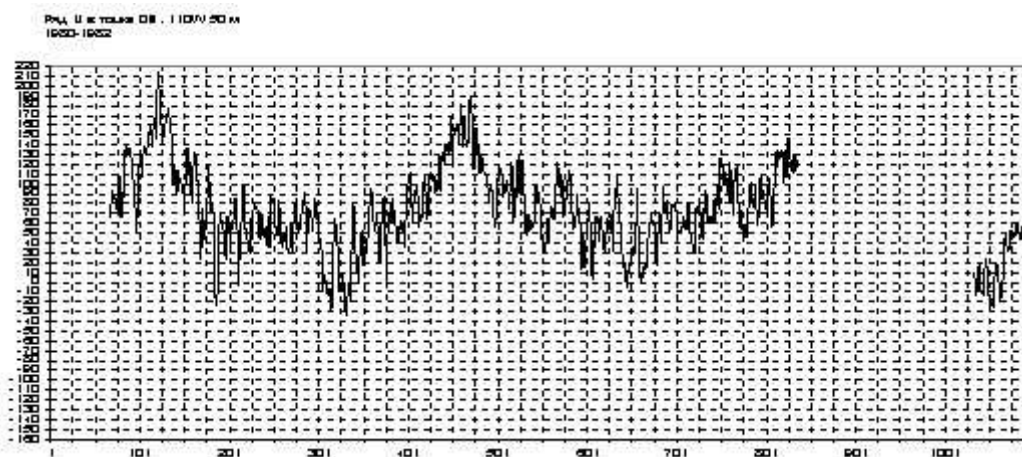


Рис. 3. Пример измерения течения на экваторе Тихого Океана в пункте  $0^{\circ}$ ,  $110^{\circ}$  з.д., на глубине 10 м. Зональная компонента (W – E). Продолжительность записи 3 года.

Многочисленные наблюдения показывают, что течения на экваторе имеют волновую природу (рис. 3). На этом рисунке приведены результаты измерения течений на

экваторе Тихого океана в пункте  $0^\circ, 110^\circ$  з.д., на глубине 10 м. Эти наблюдения продолжаются более 15 лет (ТОГО ТАО). Периоды изменчивости около 30 суток.

Течения волновой природы стали наблюдать в 60х годах прошлого века, и к 80 му году стало ясно, что основные течения в океане существуют в виде долгопериодных волн. По мнению С. С. Лаппо начался «волновой» этап в исследовании течений в океанах и морях. Такой вывод сделан на основе анализа долговременных инструментальных наблюдений на буйковых станциях, которые производились предшествующие 20 лет. Они привели к коренному пересмотру представлений о закономерностях изменчивости течений в океане, особенно на глубинах более 1000 м., что весьма резко расходилось с существующими теоретическими концепциями». [3].

Хорошее представление о видах течений дают энергетические спектры (рис. 4). Они показывают, что основная энергия сосредоточена в долгопериодных волновых течениях с периодом 1 – 2 мес., и в инерционных. На рис. 3 хорошо видно, что течение волновой природы периодически увеличивается, достигает максимума, затем уменьшается до нуля, иногда направление изменяется на обратное. Результирующее движение волнового течения и есть крупномасштабная циркуляция.

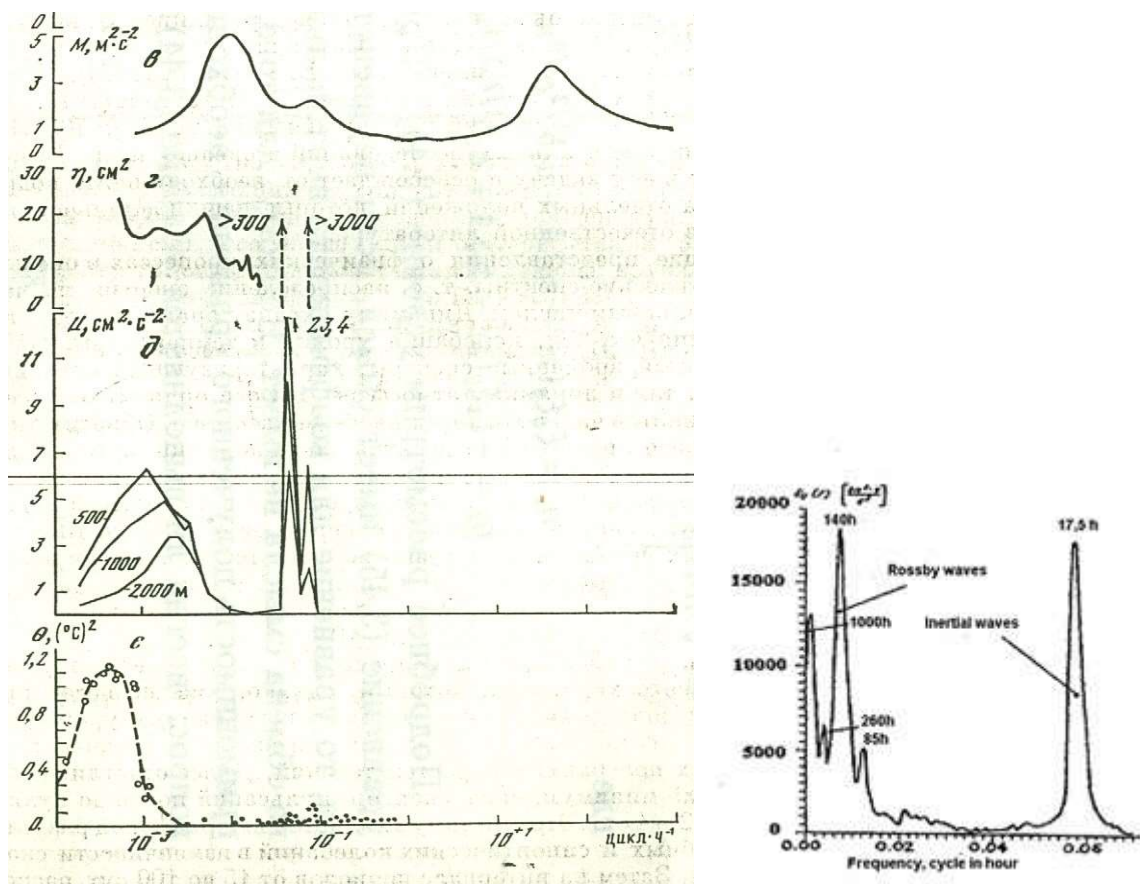


Рис. 4. Спектры изменчивости характеристик атмосферы и океана.

В – скорости ветра в нижнем слое атмосферы (Van der Hoven, 1957); Г – приведенного уровня океана (Напон, 1962); Д – скоростей течений на горизонтах 500, 1000, 2000 м в западной части Атлантики. (Низкочастотные колебания скорости течений); Е – температура воды на горизонте 500-600 м у Бермудских островов (40-200 суток) (Wunsch, 1972). (Лаппо С. С.). Спектры изменчивости течений Среднего Каспия (Бондаренко А. Л.).

В отличие от антициклонических циркуляций, существование которых не вызывает сомнений, наличие в тех же частях (северных и южных) трех океанов циклонических циркуляций (против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке в южном) менее известно. Самым известным проявлением этих циркуляций являются экваториальные противотечения (Ломоносова в Атлантике, Тареева в Индийском, Кромвела в Тихом), которые были открыты в 50х – 60х годах прошлого века.

В настоящее время открыты другие ветви этих циклонических циркуляций. В 1969 г. открыто Антило – Гвианское противотечение протяженностью 3900 миль от Багамских островов до экватора (5й и 12й рейсы НИС «Академик Курчатов», Руководитель В. Г. Корт). Это постоянный поток юго-восточного направления, противоположный Антильскому и Гвианскому течениям от 5° до 23° ю. ш. Его ширина 200 км., глубина от 200 до 1000 м., расход вдвое меньше Гольфстрима. По мнению ученых, открывших Антило-Гвианское противотечение, оно служит одним из основных источников глубинного противотечения Ломоносова.

В 1968 г. в юго-западной части Атлантического океана был выявлен мощный циклонический круговорот (по часовой стрелке), и на его восточной периферии – Ангольское течение южного направления. На поверхности это течение замаскировано тонким (до 20 м) слоем пассатного течения, идущего на север. Ангольское течение занимает уровень до глубин 800-1000 м. Оно является продолжением течения Ломоносова на юг.

В 1968 г. французскими океанологами было обнаружено глубинное противотечение, направленное на запад на глубинах 40-200 м. от 0° до 8°з. д. Оно является стоком течения Ломоносова на север и на запад.

Таким образом разные исследователи наблюдали отдельные ветви **циклонических** циркуляций в северной и южной Атлантике. Аналогичные циклонические циркуляции существуют в Индийском и в Тихом океанах (рис. 1). Наиболее распространенная точка зрения о причине существования этих циркуляций – ветровое воздействие и термохалинный фактор. Наши исследования показали, что роль ветра в динамике моря ограничена 5%, а термохалинные течения столь малы, что практически никакой роли в динамике моря не играют. [12, 13].

Причину возникновения **циклонических** циркуляций в океане помогают понять исследования природы течений внутренних морей и крупных озер.

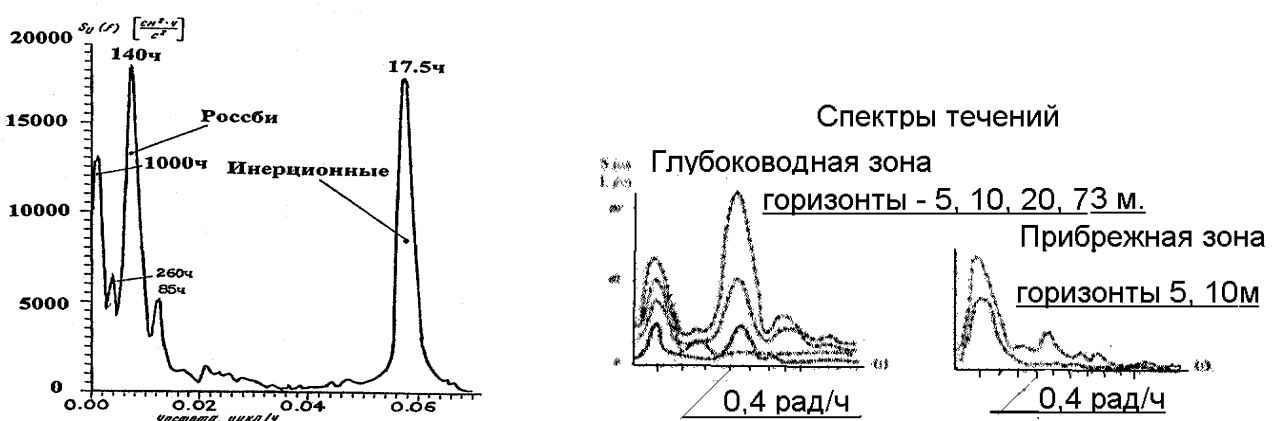
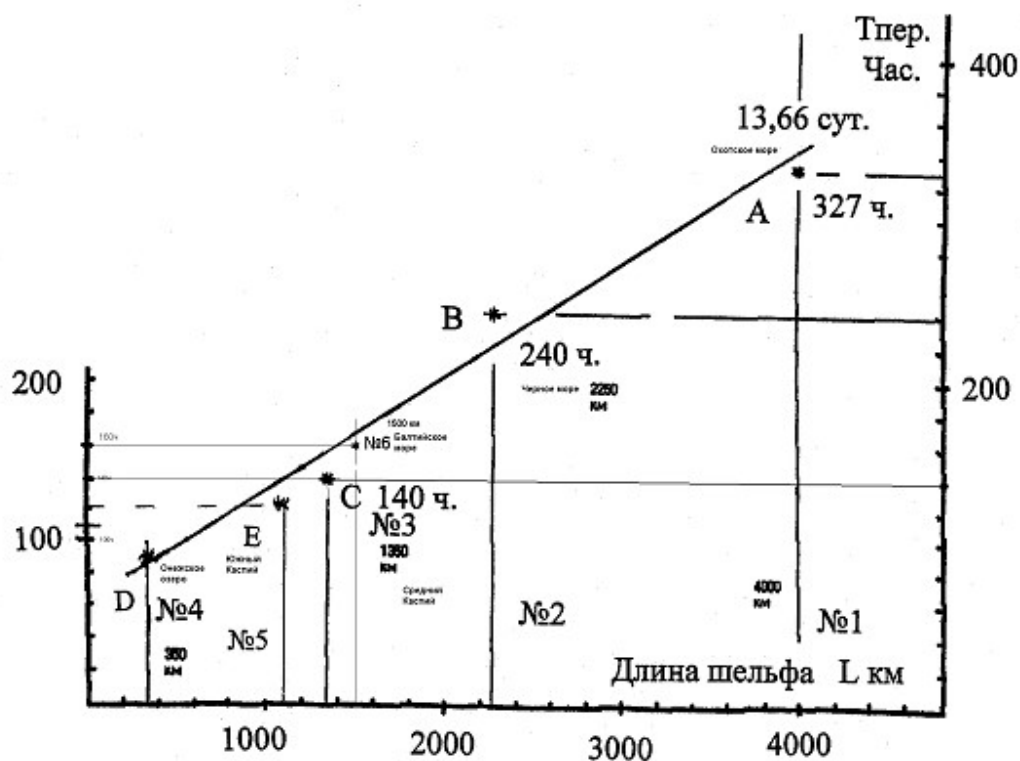


Рис 5. Спектры течений Среднего Каспия (слева) (Бондаренко А. Л. и др. 2004). Спектр течений Ладожского озера (справа) (Филатов Н. Н. 2010). Частоте 0,4 рад/ч. соответствует период 15,7 ч. – инерционная частота. Частоте 0,1 рад/ч. соответствует период 62 ч.

Филатов Н. Н. показал, что во всех крупных озерах и внутренних морях северного полушария **наблюдается** крупномасштабный циклонический круговорот. Это

фундаментальный вывод, который подтверждается всеми последующими наблюдений течений во внутренних и окраинных морях и крупных озерах.

Спектры течений Среднего Каспия, Ладожского озера, других морей показывают, что основная энергия течений сосредоточена в инерционных течениях и длиннопериодных волновых течениях (рис. 5). На рис. 6 показана зависимость периода изменчивости течений волновой природы от длины шельфа (окружности) моря для Онежского озера, Южного Каспия, Среднего Каспия, Балтийского моря, Черного моря, Охотского моря. Хорошо видно, что период изменчивости течений волновой природы прямо пропорционален длине шельфа, напрямую зависит от размеров водоема.



I.

II. Рис. 6. Зависимость периода длиннопериодных волновых течений от дины шельфа (окружности) моря. (8, 11).

III.

IV. Очень результативными для выявления природы течений Каспийского моря и других подобных объектов являются результаты анализа срочных наблюдений в пункте «Нефтяные камни» (Средний Каспий). Наблюдения производились с эстакады 4 раза в сутки, на 4х горизонтах более 10 лет. Мы обработали данные наблюдений за 3 года, за 1962 – 1964 г.г. Энергетические спектры (рис. 5) показывают, что основная энергия течений сосредоточена на периоде 140 ч. (волны Россби) и 17,5 ч. (инерционные волны). Они разделены большим промежутком с малой энергией, который позволяет отделить одни колебания от других, и изучать их отдельно.

V. В действительности измерительный прибор регистрирует суммарное течение, состоящее из волновых крупномасштабных течений и инерционных течений. Фильтром «скользящее равновесное среднее» с интервалом сглаживания 48 ч. отфильтровываем инерционные течения. Остаются течения континентальных шельфовых волн с периодом изменчивости 140 ч. (рис. 7, а). Затем фильтром с интервалом сглаживания 140ч. получаем закономерность изменчивости квазипостоянного течения, т. е. скорости крупномасштабной циркуляции Среднего Каспия (рис. 7, б). На рис 7 в. такая же закономерность, но за 3 года. И с помощью полинома получаем закономерность изменчивости средней скорости крупномасштабной циркуляции за 3 года (графики рис. 6 построила В. И. Швейкина).

I. Отсюда следует, что крупномасштабная циркуляция это результирующее (осредненное) движение длиннопериодных волновых течений. Из (рис. 7 в) видно, что скорость

переноса воды в 1962 г. уменьшалась от 8,5 см/с до 5 см/с, затем увеличивалась до середины 1963 г. до 12 см/с., затем до октября 1964 г. уменьшалась до 6,5 см/с., и до конца 1964 г. увеличивалась до 7,5 см/с. Таким образом, средняя скорость крупномасштабной циркуляции изменялась от 5 см/с до 12 см/с. Средняя скорость за весь рассматриваемый трехлетний период равна 8,5 см/с. Мы предполагаем, что средняя скорость циркуляции в основном не выходит за полученные значения.

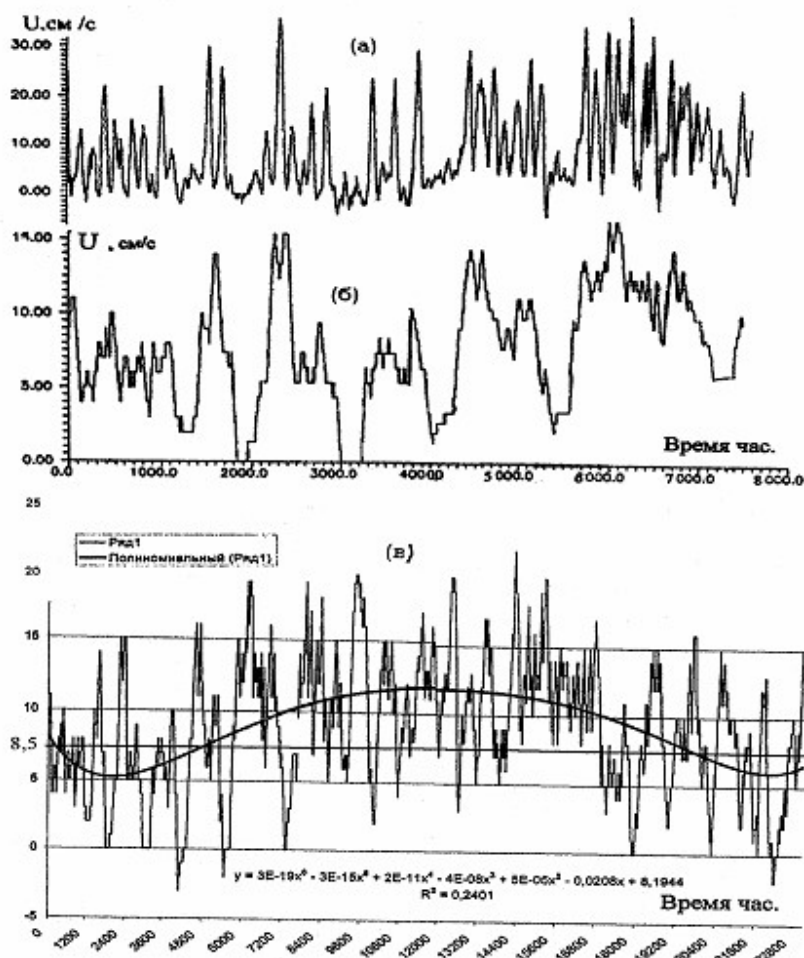


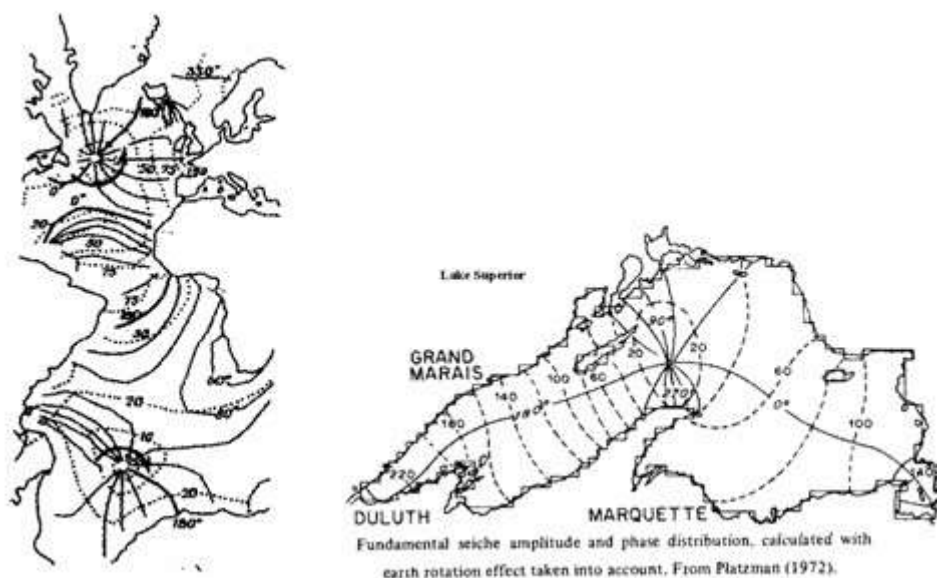
Рис 7. Осредненный временной ряд вдольбереговой составляющей вектора скорости за год в пункте Нефтяные камни. Время осреднения  $T_{оср.} = 48$  час. (а); тот же ряд осредненный фильтром скользящее равновесное среднее с временем осреднения  $T_{оср.} = 140$  час., представляет изменчивость скорости квазипостоянного течения Среднего Каспия (б); такой же временной ряд, но за 3 года. Время осреднения 140 час. (в). Жирной линией показана изменчивость средней скорости квазипостоянного течения (получено с помощью полинома). (8, 14).

Таким образом, с большой вероятностью можно объяснить наблюдаемые факты следующим образом: долгопериодные волны в Каспийском море существуют всегда. **Их результирующее движение и есть крупномасштабная циклоническая циркуляция.**

Причина образования ДПВ течений циклонической направленности обоснована теоретически «канальной теорией Эри» (1842 г.), в соответствии с которой в результате воздействия приливообразующих сил на водные массы в каналах, ориентированных по параллелям возникают поступательные приливные волны, а в узких каналах, ориентированных по меридианам – стоячие. В природных условиях имеет место сочетание волн различного типа в зависимости от типа водоема. Хорошо известно, что во внутренних и окраинных морях и в крупных озерах наблюдаются циклонические циркуляции. На рис. 8. показано возникновение вращательного движения наклонной поверхности моря вокруг некоторой неподвижной точки в

Атлантике и в оз. Верхнее. Логично предположить, что в результате такого ежедневного циклонического движения приливных волн в морях и крупных озерах образуются крупномасштабные циклонические циркуляции в виде длиннопериодных волн, наблюдаемые в действительности.

В северной и Южной частях Атлантики под действием приливообразующих сил Луны и Солнца наблюдается прохождение циклонического волнового движения (рис. 8, слева). По аналогии с таким же процессом в морях логично предположить, что и в океанах причина возникновения циклонической циркуляции такая же, т. е. воздействие приливообразующих сил на водную массу этих водоемов.



II. Рис. 8. Кривые равных фаз, т. е. котидальные линии в Атлантическом океане, расположение которых «указывает на существование волны, обтекающей бассейн циклонически» [7] (слева), и в оз. Верхнее (справа) [15].

Итак, многочисленные наблюдения показывают, что крупномасштабные циркуляции в океанах и морях существуют в виде долгопериодных волновых течений (волн Россби, шельфовых, захваченных экватором, планетарных и т. д.). Отклоняющее воздействие силы Кориолиса на долгопериодные волновые течения образует инерционные течения.

Ежедневное воздействие приливообразующих сил Луны и Солнца на водные массы в районе экватора приводит к образованию длиннопериодных волновых течений с результирующим движением с востока на запад. Течения достигают берегов континентов и растекаются на юг и на север. Таким образом формируются крупномасштабные антициклонические циркуляции отдельно в северных и южных частях Атлантического, Тихого и Индийского океанов.

Ежедневное воздействие приливообразующих сил Луны и Солнца на водные массы океанов вне экваториальной зоны приводит к образованию циклонических крупномасштабных циркуляций в северных и южных частях трех океанов. Такие же циркуляции формируются в замкнутых морях.

Литература.

1. Бондаренко А. Л., Жмур В. В., Филиппов Ю. Г. Щевьев В. А. О переносе масс воды морскими и океанскими долгопериодными волнами. // Морской гидрофизический журнал, 2004. №5. С. 24-34
2. Краткая географическая энциклопедия. М. 1962 г. Изд-во «Советская энциклопедия»
3. Лаппо С. С. Среднемасштабные динамические процессы океана, возбуждаемые атмосферой. М., Наука, 1979. 182 с.
4. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. Т. 1,2. 1981. М. Мир, 365 с.
5. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л. Гидрометеиздат, 1979. 408с.
6. Филатов Н.Н. Динамика озер. Л. Гидрометеиздат. 1983.168с.
7. Шулейкин В. В. Физика моря. М. Изд-во Наука, 1968, 1083 с.
8. Щевьев В. А. Физика течений в океанах, морях и в озерах. История поисков, размышлений, заблуждений, открытий. 2012 г. Изд-во LAMBERT Academic Publishing. ISBN: 978-3-8484-1929-6
9. Щевьев В. А. Физика течений в океанах, морях и в озерах. Сокращенный вариант книги.  
<http://www.randewy.ru/gml/shev5.html>
10. Щевьев В. А. Крупномасштабная циркуляция в океанах, как результирующее движение длиннопериодных волн. Электронный журнал «Исследовано в России», 077, стр. 808-825, 2007. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2007/077pdf> опубли. 26.04.07г.
11. Щевьев В. А. Приливообразующие силы Луны и Солнца – причина образования длиннопериодных волновых течений в океане. Электронный журнал «Исследовано в России», 032, стр. 320-334, 2009 г. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2009/032.pdf>
12. Щевьев В. А. Природа термохалинных течений. Электронный журнал «Исследовано в России», 043, стр. 559-568, 2011 г.
13. Щевьев В. А. «Ветровые течения во внутренних морях и озерах». Электронный журнал «Исследовано в России», <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/005.pdf>
14. Shtchev V. A. Physics of Currents in Oceans, Seas and Lakes. 2013. LAMBERT Academic Publishing. ISBN. 978-3-659-47902-1
15. Csanady G. T. Circulation in the coastal ocean. Netherland 1982.