

Гольфстрим: ложные представления и реальность (вторая часть).

**А.Л. Бондаренко, д. г. н., океанолог.
<albert-bond@mail.ru>**

Рекомендуется прочесть предыдущую статью в ж. “Морской интернет клуб “Кубрик” <http://www.randewy.ru> **Meteoweb.ru** *Интернет-журнал* <http://meteoweb.ru/aao.php>

Считается, что в океане существуют течения и долгопериодные волны, течения образованы наклоном уровня океана (моря) и ветром, долгопериодные волны относятся к волнам Россби, математическое описание которых дано К. Россби (1939г). Есть два объяснения сосуществования океанических течений и волн Россби: они существуют независимо друг от друга и волны Россби формируют океанические течения.

Автором данной работы показано, что долгопериодные волны следует отнести к волнам солитонам, но не к волнам Россби, а океанические течения есть не что иное, как орбитальные движения частиц воды волн солитонов.

Далее последовательно обо всём этом.

Долгопериодные волны солитоны и формирование ими Гольфстрима.

К настоящему времени выполнено много исследований и измерений долгопериодных волн в океанах и морях, которые мы принимаем за волны солитоны, что позволяет дать достаточно полное их описание. Это свободные, прогрессивные волны. Волны, наблюдаемые в определённой части океана следует рассматривать, как составную часть поля взаимосвязанных волн всего Мирового океана. Последовательность волн во времени и в пространстве представляет собой непрерывный ряд сформированных в модуляции (группы) малых - больших - малых и т.д. волн.

Энергия от источника передаётся волновому полю всего Мирового океана малыми дозами в течение длительного времени в режиме “накачки”, и теми же волнами она перераспределяется по океану.

Предположительно источником возбуждения волн является атмосферная активность, флуктуации атмосферного давления или/и ветра, приливные волны и приливообразующая сила. В силу того, что потери энергии в волнах малы, она накапливается в них, и поэтому волны обладают большой энергией. В этом случае малыми усилиями за счёт резонансного возбуждения приводятся в движение огромные массы воды океана.

В средних широтах открытой части Атлантического океана волны имеют приблизительно такие параметры: фазовую скорость распространения 5 см/с, длину 400 км, амплитуду колебаний скорости течений 10 – 15 см/с. Характерным свойством этих волн является свойство всегда и везде в открытой части океана распространяться в западном направлении, они пересекают Атлантический океан на широте Гольфстрима приблизительно за 2 года.

Формирование Гольфстрима легко объяснить с позиции известных закономерностей трансформации волн в прибрежных зонах океанов. Эффект трансформации волн в прибрежных зонах и, соответственно, увеличения орбитальных скоростей движения частиц воды волн (волновых течений) хорошо знаком, и не только специалистам океанологам. Так, например, волны цунами в открытом океане имеют небольшие амплитуды колебания скорости течения, но при подходе к берегу или относительно мелководным участкам их амплитуды сильно увеличиваются, точно также увеличиваются и их волновые течения. Всё это хорошо известно, в частности, из серии телевизионных передач о цунами, произошедшем в Индийском океане в декабре 2004 г.

Аналогичное происходит и с долгопериодными волнами. Они приходят из Атлантического океана. По мере приближения к материку их направление распространения изменяется, становится юго-западным и южным, и в целом

вдоль кромки шельфа материка. Это специфическое свойство долгопериодных волн распространяться вдоль берега так, что он находится справа по отношению к направлению распространения волны. При этом в области Гольфстрима волны подходят под разными углами и лишь впоследствии, южнее 38° с. ш., они выстраиваются в систему однонаправленных волн, распространяющихся приблизительно вдоль кромки шельфа. Этим и определяется строго направленный характер течений южнее широты 38° и некоторое их раскачивание вправо–влево севернее этой широты.

В открытой части океана, амплитуды колебаний скорости течений долгопериодных волн небольшие (порядка 10 см/с.), но при подходе к западной окраине океана, они трансформируются за счёт влияния берега материка и дна океана. Период и длина волн уменьшаются, а амплитуды колебания скорости течения волн значительно увеличиваются (до 2,5 м/с) за счёт увеличения их удельной кинетической энергии. Увеличение скоростей течений происходит за счёт концентрации энергии волн и течений в меньших объёмах воды, в зоне, близкой к берегу. Так, в открытой части океана энергия волн распределена по всей глубине почти равномерно, но при подходе к прибрежной зоне она сосредотачивается в приповерхностном слое. Если учесть, что удельная кинетическая энергия волн определяется соотношением $V^2/4$, то при амплитудах колебаний скорости течений волн (V_0) в открытой части океана, равных 10 см/с, она составит $25 \text{ см}^2/\text{с}^2$, а при средних амплитудах Гольфстрима 50 см/с – $625 \text{ см}^2/\text{с}^2$. Энергия увеличивается в 25 раз, что происходит, скорее всего, за счёт концентрации энергии волн в верхнем слое океана. Так бывает не только в прибрежной зоне, относительно мелководной (для Гольфстрима это южная его часть), но и в глубоководной - северной, значительно удалённой от берега.

Если придерживаться представлений о том, что реальные волны это волны солитоны, то легко можно объяснить многое в динамике вод океанов и морей. Что представляют собой реальные течения волн Россби в районе

Гольфстрима? Их можно представить в виде последовательности колебаний течений уединённых волн, волн солитонов или солитонов Россби [Макеев, 2010, Ларичев, Резник, 1982]. Схематически линии токов этих волн могут быть представлены так (рис 8а, б).

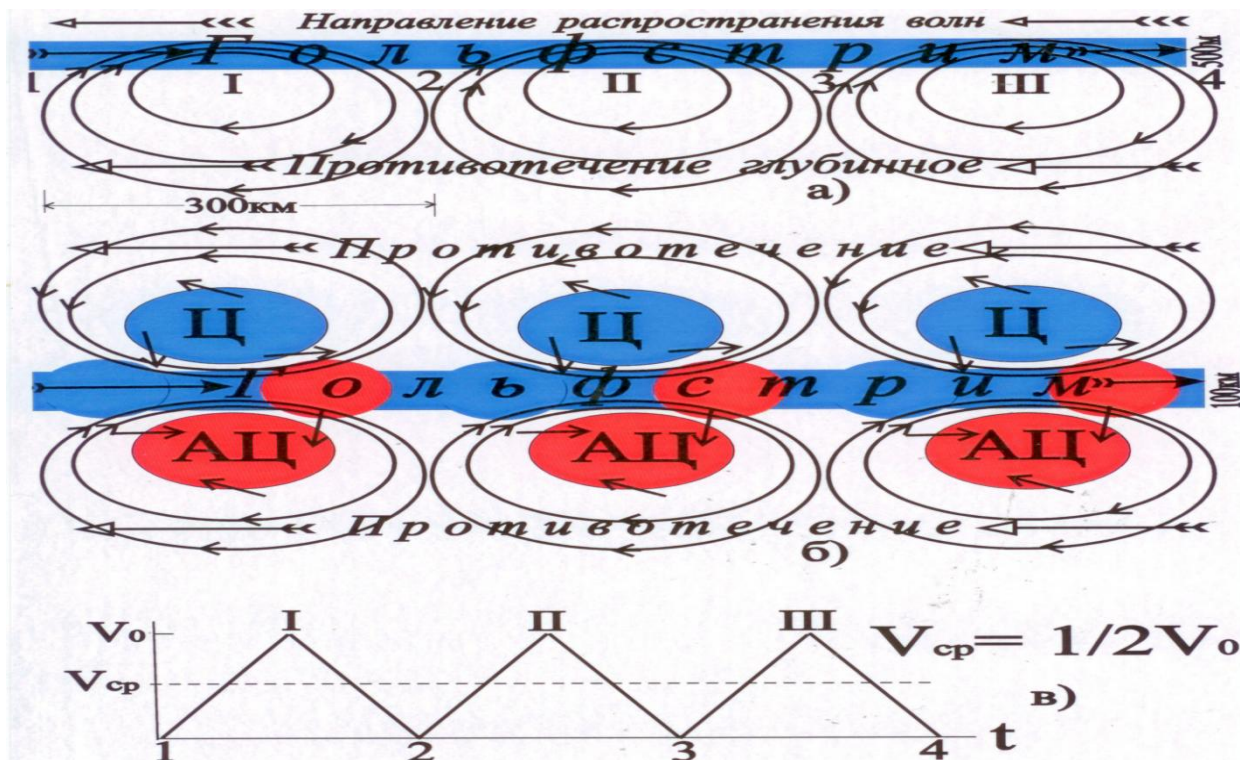


Рис. 8а, б, в. Линии тока в виде эллипсов долгопериодных волн, похожих на волны солитоны в вертикальной плоскости, проходящей через Гольфстрим, что одно и то же, через центр волн (а) и в горизонтальной плоскости у поверхности воды (б). Стрелки на линиях тока – направление силы, действующей на частицы воды, и что одно и то же – направление течений. АЦ – антициклон, антициклональное движение воды, область конвергенции и опускания на глубину тёплой воды. Ц - циклон, циклональное движение воды, область дивергенции и подъёма холодной воды с глубины океана на его поверхность. Красными и синими кружками выделены области опускания тёплой воды с поверхности океана на глубину и подъёма холодной воды с глубины на поверхность океана, создаваемые вертикальными движениями частиц воды волн. Модуль скорости течения, измеренного стационарно установленным прибором у поверхности воды или дрифтером в моменты прохождения через них частей волн I, II, III, и т.д., 1, 2, 3, 4 и т.д., V_0 – амплитуда модуля скорости течения волны, V_{cp} – модуль средней скорости течения волны, t – время (а).

Границами поля линий токов является поверхность воды и дно океана. Вращательные движения воды в горизонтальной плоскости существуют не в

Гольфстриме, а с 2-х его боков, т.е. по краям волн (рис. 8б). В струе Гольфстрима, т.е. в средней части волн, существуют вращательные движения воды в вертикальной плоскости (рис. 8а). Скорость течения пропорциональна плотности линий токов. Мы видим, что в Гольфстриме плотность линий токов гораздо больше, чем за его пределами, поэтому, и скорости течений больше. В точках 1, 2, 3, 4 расположенных между волнами скорости течений равны нулю, а в точках I, II, III – максимальны. Автор задавался вопросом, что заставляет Гольфстрим останавливаться, затем набирать скорость и снова останавливаться? И вот ответ: долгопериодные волны, похожие на волны солитоны.

Такое распределение скоростей течений в волнах фиксируется дрейфером или стационарно установленным в потоке прибором, как пульсирующее течение, аналогичное, изображённому на рис. 8в.

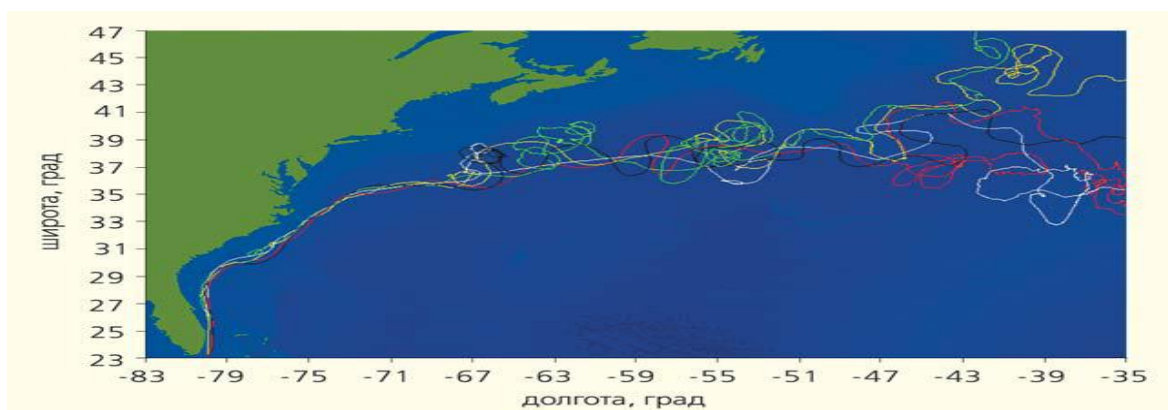


Рис. 9. Трассы отдельных дрейферов, запущенных в воды южной части Гольфстрима в различное время.

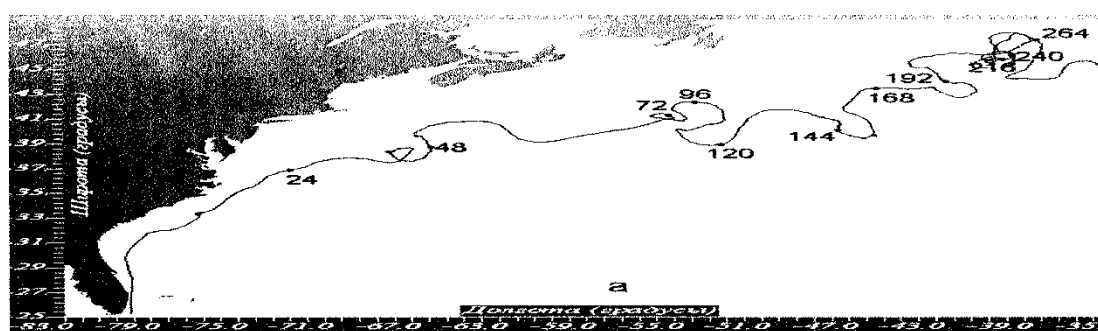


Рис. 10. Трасса дрейфера, запущенного в воды Гольфстрима. Числа

около точек – время движения дрейфера в сутках с момента его запуска.

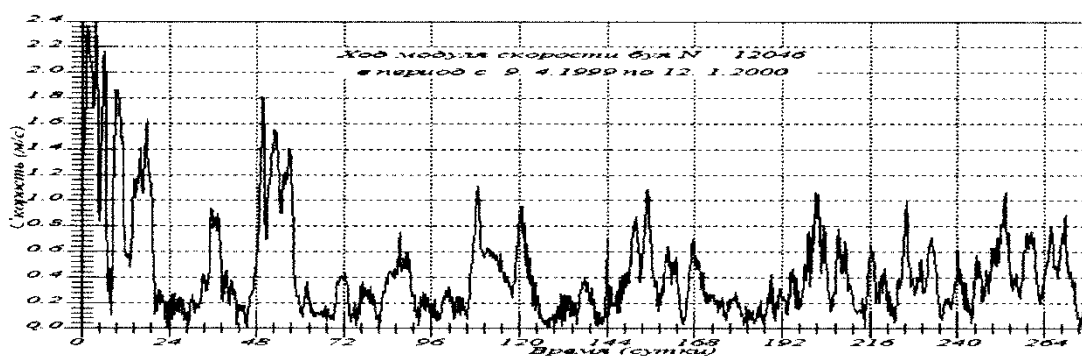


Рис. 11. Модуль скорости движения дрейфера, трасса которого изображена на предыдущем рисунке.

При фильтрации этого пульсирующего течения путём осреднения измерений по времени, равному периоду волны, выделяется высокочастотная волновая часть течений и низкочастотная, квазипостоянная их часть. Эта низкочастотная часть есть, ни что иное, как средняя величина волнового течения. Эту среднюю волновую часть, полученную в результате фильтрации волновых течений, исследователи ошибочно относят к крупномасштабным течениям. Таким образом присутствие в океане волновых течений вносит существенную погрешность в измерения крупномасштабных течений. Может оказаться и так, что крупномасштабных течений нет, а они ложно фиксируются, как средняя скорость волновых течений, равная

$$V_{cp} = KV_0, \quad K=1/2 \quad (1).$$

Таким образом, если мы регистрируем течения, в которых присутствуют волновые течения и величина выделенных низкочастотных течений будет равна $1/2V_0$, то это значит, что квазипостоянных, крупномасштабных течений нет, а есть только волновые. Так, например, если подвергнуть анализу запись модуля скорости движения дрейфера (рис. 11), то получим, что скорости крупномасштабных течений в Гольфстриме равны нулю или очень малы.

Таким образом, пульсирующий характер течений Гольфстрима

указывает на то, что течение состоит только из течений волн, т. е. орбитальных движений частиц воды волн и в нём отсутствует постоянное крупномасштабное течение.

Как и во всяких волнах, в долгопериодных волнах масса воды в пространстве не переносится, она перемещается по замкнутому контуру внутри волны. Создаётся иллюзия переноса масс, поскольку прибор не фиксирует движения частиц воды движущихся по орбитам, которые на самом деле переносят массу воды, а только некую горизонтальную составляющую действия на прибор частиц воды волн. Такое происходит при измерениях течений не только дрейфтером, но и стационарно установленным в воде прибором.

Отсутствие поступательных движений воды в Гольфстриме подтверждается следующим фактом, о котором говорилось ранее. Так, Гольфстрим “выходит” из Мексиканского залива (рис. 1 часть первая), а вод залива в нём нет.

Движения частиц воды в волне циклонической направленности, т.е. против часовой стрелки, создают дивергенцию вод и выход на поверхность океана холодных глубинных вод (рис. 8б). Так формируются на поверхности океана аномалии холодной воды. Движения воды антициклонической направленности, т.е. по часовой стрелке, создают конвергенцию воды в волне, “стаскивание” поверхностных тёплых вод с периферии в область конвергенции и опускание их на глубину. Так формируются аномалии тёплой воды.

При прохождении волн, которые распространяются против течения Гольфстрим, в правой части волны и слева по отношению к его движению формируется область холодной воды, а в левой части волны и справа по её движению формируется область тёплой воды.

Следует пояснить, что в науке популярно другое объяснение формирования температурных аномалий: они формируются океаническими вихрями, которые в районе Гольфстрима называются рингами Гольфстрима.

В этом случае считается, что аномалии холодной воды должны быть расположены справа по отношению к движению Гольфстрима, а тёплой - слева. Такие аномалии получили название, соответственно, холодных циклонов и тёплых антициклонов. Считается, что эти аномалии, принимаемые за вихри, образуются в результате меандрирования (раскачки) Гольфстрима и отрыва от него его части. В статье показано, что всё это не так [Бондаренко, Жмур 2007а, 2007б, 2007в, Бондаренко 2011а, 2011б].

Подъём и опускание воды по середине волны, в данном случае по течению Гольфстрим, формирует области холодной воды в передней части волны и тёплой – в задней её части. Эти попеременные подъёмы и опускания воды мало изменяют температуру вод Гольфстрима. Но это приводит к искривлению гидрофронта, который приобретает вид волны. Это хорошо прослеживается в распределении температуры поверхностных вод в районе Гольфстрима. Наряду с пульсирующим характером течений, наличие температурных аномалий является дополнительным обоснованием достоверности предложенной автором концепции формирования течений.

Таким образом, объяснено, почему Гольфстрим не переносит одно направленно массы воды, каким образом возникают противотечения, глубинные и с двух сторон Гольфстрима, как образуются температурные аномалии, принимаемые за вихри.

Вновь вернёмся к пульсациям течений Гольфстрима. В них, как отмечалось, скорость течения уменьшается до нуля или близкой к нему величины. Гольфстрим как бы останавливается. Такие остановки, а иногда и непродолжительные смены направления течений Гольфстрима на обратные, происходят через промежутки времени равные периоду волны, ~ 30 суток. При этом промежутки времени, когда скорости течений приблизительно равны нулю или малы, составляют ~ 2 суток. Площадь Гольфстрима, в которой скорости течений достигают малых величин, может составлять величину, соизмеримую с четвертью длины волны, приблизительно 50 км.

Эти “остановки” Гольфстрима исследователями воспринимались как

исчезновение струи Гольфстрима в результате изменения её положения, т.е. меандрирования. Часто при повторных наблюдениях с судна в фиксированном месте исследователи не обнаруживали течений с большими скоростями, измеренными ранее и характерными для Гольфстрима. Тогда они считали, что струя Гольфстрима сместилась куда-то в сторону.

Более продолжительные и масштабные “остановки” Гольфстрима могут происходить и по другой причине. Ранее говорилось о модулировании волн и изменении в связи с этим скорости течений в волнах. При малых волнах в модуляциях скорость течения становится небольшой. При этом такие промежутки времени могут быть очень продолжительными, порядка нескольких месяцев. В этих случаях “останавливается” не малая часть Гольфстрима, соизмеримая с 50 км, а большая, соизмеримая с одной тысячью километров. При этом в термохалинном поле Гольфстрима исчезнут аномалии и меандры, а зона схождения холодных склоновых вод и тёплых вод Саргассова моря, станет более ровной. Одновременно за счёт уменьшения вертикального обмена снижается биологическая продуктивность океана.

Закономерности формирования температурного поля поверхностных вод Атлантического океана долгопериодными волнами в районе Гольфстрима.

Рассмотрим на следующем примере закономерности формирования температуры поверхностных вод долгопериодными волнами в районе Гольфстрима.

На рис. 12а. изображено температурное поле вод северо-западной части Атлантического океана на глубине 5 м 5 февраля 1997 г. Следует отметить, что температура вода на поверхности такая же, как и на глубине 5 м, с глубиной температура воды изменяется незначительно (рис. 12б). Мы видим, что в целом в этой части океана изотермы простираются почти вдоль широты. На юге вода тёплая, составляет 25 °С, а к северу она уменьшается и

примерно на 40° с. ш. равна 12°C .

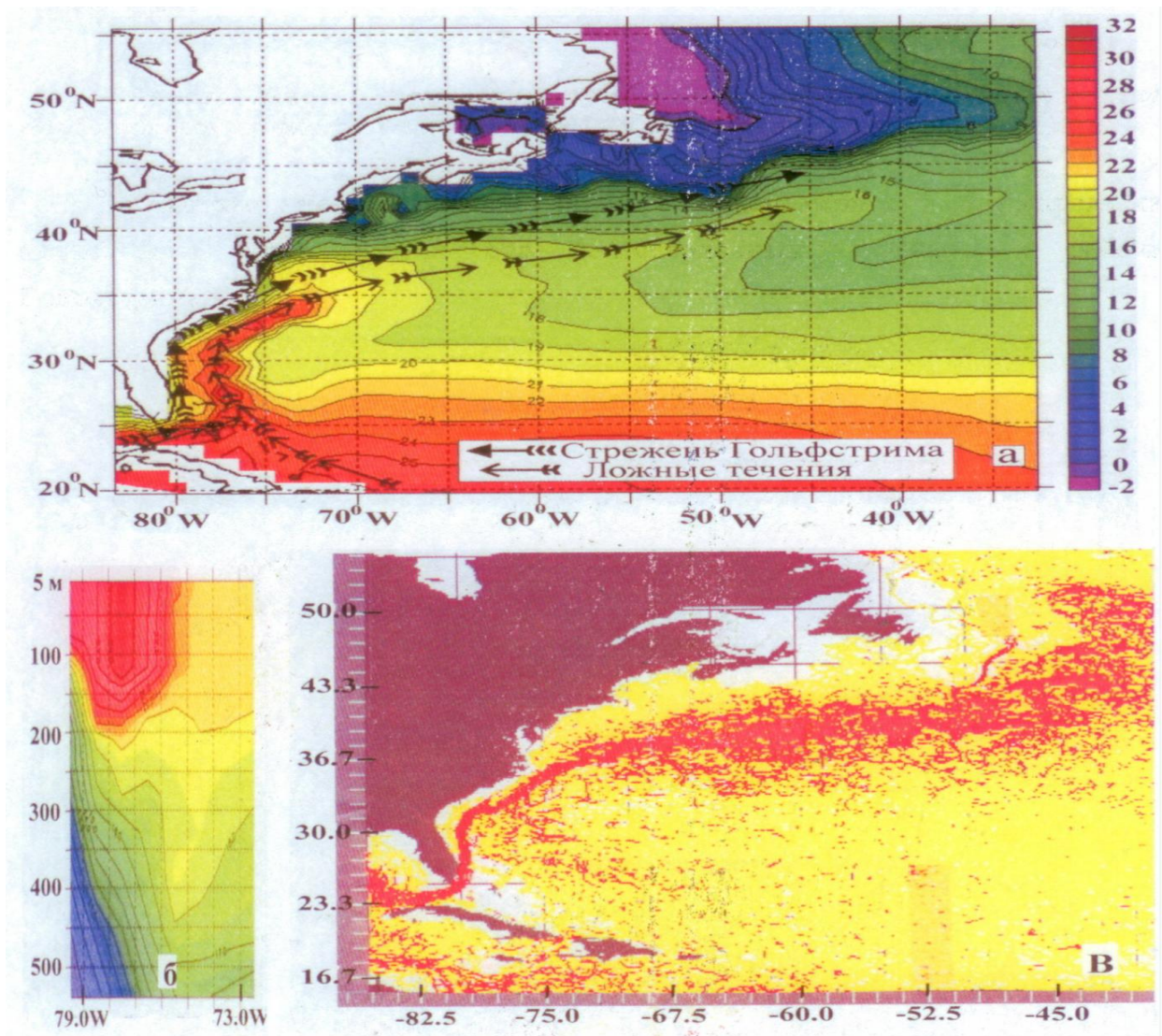


Рис. 12а, б, в. а) Температурное поле воды в изотермах северо-западной части Атлантического океана на глубине 5 м 5 февраля 1997 г, числа при изотермах – температура воды в градусах Цельсия. б) Температура воды по вертикальному сечению, проходящему по 29°N между пунктами 80°W и $72,5^{\circ}\text{W}$ [ecco.jpl.nasa.gov/external/index.php]. в) Красным цветом выделена область Гольфстрима со скоростями, превышающими 50см/с . Скорости и местоположение течений получены по данным дрейфтерных измерений.

Но в западной части океана, у берегов США, изотермы вытянуты вдоль берега, образуя формы вытянутых петель, ограничивающих части океана с более тёплой водой внутри петель, чем за их пределами. Глядя на такое распределение температуры воды (рис. 12а, б), у исследователя

складывается впечатление, что эти петли образованы теплыми водами Гольфстрима, поступающими с юга, в основном со стороны Саргассова моря и лишь частично из Мексиканского залива. Именно так, по распределению температуры воды, обычно выделяется положение Гольфстрима. Существует популярное представление о том, что Гольфстрим – тёплое течение и его тёплые воды проникают далеко на север. Это видно (рис. 12а, б.).

Но всем известно, что в настоящее время существует две гипотезы образования Гольфстрима. Первая – Гольфстрим образован тёплыми водами Антильского течения, которое проходит с юго-востока на северо-запад и где-то в точке с координатами 25°N и 76°W переходит в Гольфстрим. Скорее всего, автор этой гипотезы трассу Антильского течения обозначил различного рода формами в виде коротких прямых линий и углов (рис. 12а). Вторая гипотеза – Гольфстрим образован в основном тёплыми водами Антильского течения и лишь частично тёплыми водами, поступающими из Мексиканского залива. Напомним, что ранее была популярна гипотеза: Гольфстрим полностью выходит из Мексиканского залива. Эти новые гипотезы были созданы, когда выяснилось, что воды Гольфстрима состоят из склоновых вод, поступающих со стороны материка и вод Саргассова моря, а вод Мексиканского залива в Гольфстриме не оказалось. Такое распределение температуры поверхностных вод около Гольфстрима (рис. 12а), вроде бы и не противоречит этим новым гипотезам формирования Гольфстрима.

На рис 12в красным цветом выделена область реального Гольфстрима со скоростями больше 50 см/с. Этот рисунок является частью другого рис. 11а (часть первая). Если сопоставить положение Гольфстрима с температурным полем, то следуют такие выводы. Во-первых, Гольфстрим выходит только из Мексиканского залива. Во-вторых, тёплые воды, “вытянутые” на север, находятся за пределами Гольфстрима справа. Объяснение этому невозможно дать, если рассматривать Гольфстрим, как градиентное течение, т.е. так, как общепринято.

Это можно объяснить, если рассматривать течение, как волновое, т. е.,

как рассматривает автор данной статьи. Так, уже обсуждалось формирование волнами течений, в частности Гольфстрима. Волны, распространяющиеся вдоль берега против направления течения Гольфстрим, слева от направления распространения волн, формируют антициклональные движения воды, в которых образуется тёплая вода, а справа – циклональные движения с холодной водой (рис. 8а, б). Что мы и наблюдаем в реальности (рис. 12а). В тёплых водах температурных петель наблюдаются аномалии тёплой воды округлой формы, они образуются в центрах зон конвергенции волн. Расстояние между аномалиями равно длине волны, приблизительно 200 км. На юге эти аномалии распространяются вдоль о-ва Куба в сторону Мексиканского залива. Ясно, что эти аномалии, как и тёплая вода, сформированы долгопериодными волнами.

Изложенный пример формирования температурного поля океана является очередным доказательством состоятельности концепции автора статьи о формировании динамики Гольфстрима океаническими волнами солитонами.

Таким образом, если придерживаться принятой и изложенной выше концепции о формировании Гольфстрима, то ошибка в определении его положения будет ~ 200 - 300 км. Однако существуют и другие широко распространённые представления о динамике Гольфстрима в соответствии с которыми тёплые температурные аномалии, сформированные антициклоническими волновыми движениями вод, есть тёплые вихри Гольфстрима, которые должны находиться слева от негоима. Тогда Гольфстрим должен быть расположен на расстоянии приблизительно 200 км восточнее от аномально тёплой области океана, принимаемой за область Гольфстрима и, следовательно, на расстоянии 400 – 500 км от реального Гольфстрима. Это видно из рис. 12а, б, в. Изложены новые, истинные и прежние, ложные представления о течениях Гольфстрима. Получается, что до последнего времени исследователи, мореплаватели и прочее мыслящее человечество имели неверные представления о Гольфстриме, даже о его

положении Гольфстрима.

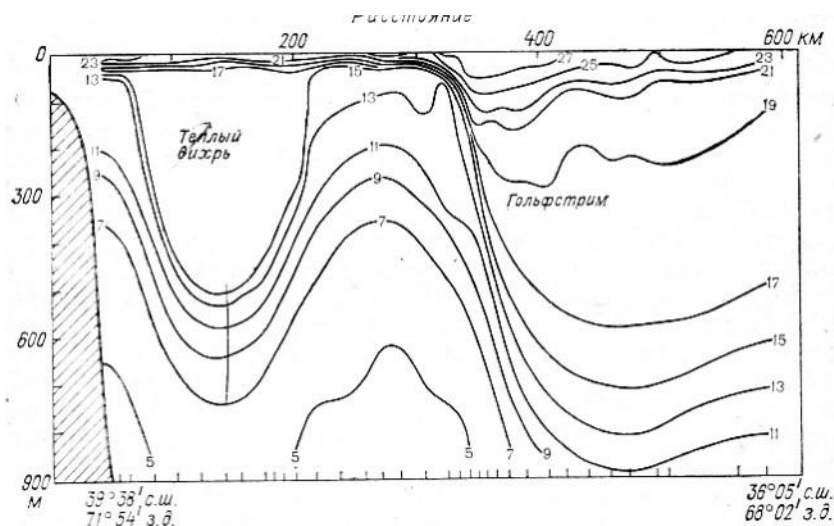


Рис. 13. Распределение температуры ($^{\circ}\text{C}$) на разрезе поперёк Гольфстрима и порождённого им антициклонического тёплого вихря 29 Гольфстрим

Итоги изложенного.

Считается, что Гольфстрим градиентное геострофическое течение.

Автором установлено, что Гольфстрим сформирован долгопериодными волнами солитонами. Фактически течения Гольфстрима есть не что иное, как орбитальные движения частиц воды волн.

Считается, что Гольфстрим проходит вдоль областей наибольших наклонов уровня и, следовательно, наибольших градиентов температуры воды и сформирован водами Антильского течения и лишь частично водами Мексиканского залива.

Автором установлено, что Гольфстрим проходит восточнее этого ложного положения Гольфстрима на 200 – 500 км.

Считается, что течения Гольфстрима, создают вихри, которые обнаруживаются по температурным аномалиям поверхностных вод.

Считается, что справа от Гольфстрима формируются вихри циклонической направленности, им соответствуют холодные аномалии, а слева – антициклонической направленности, им соответствуют тёплые аномалии. Циклонические вихри называются холодными вихрями, холодными циклонами, а антициклонические вихри – тёплыми вихрями, тёплыми антициклонами.

Автором установлено, что тёплые и холодные аномалии сформированы не вихрями, а долгопериодными волнами солитонами. При этом наоборот тёплые аномалии образуются справа от Гольфстрима, а холодные – слева. Эти аномалии образуют области холодной воды, слева от Гольфстрима, а тёплой воды – справа от Гольфстрима.

Л и т е р а т у р а

Бондаренко А.Л., Жмур В.В. Настоящее и будущее Гольфстрима// Природа.

2007а. № 7. С. 29 – 37.

http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/NATURE/07_07/GULFSTREAM.HTM

Бондаренко А.Л., Жмур В.В. Роль волн Россби в динамике Мирового океана// Физические проблемы экологии (экологическая физика). М.: МАКС ПРЕСС. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Физический факультет. 2007б. № 14. С. 61-71.

Бондаренко А.Л., Жмур В.В. Формирование термохалинных аномалий в океанах и морях. Вихри или волны Россби?// X Международная научно-техническая конференция. “Современные методы и средства океанологических исследований”. Ч.П. М.: И-т океанологии РАН. 2007в. С. 96-99.

Бондаренко А.Л., Серых И.В. О формировании явления Эль-Ниньо – Ла-Нинья Тихого океана. Восьмая открытая Всероссийская конференция. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Тезисы докладов. М.: ИКИ РАН 2010.С.15-19.

Бондаренко А.Л. Крупномасштабные течения и долгопериодные волны Мирового Океана. 2011а.

http://lib.oceanographers.ru/component/option,com_booklibrary/task,view/id,82/catid,29/Itemid,39/

Бондаренко А.Л. Закономерности формирования атмосферных вихрей. 2011б. <http://www.avkokin.ru/documents/616>

Каменкович В.М., Кошляков М.М., Монин А.С. Синоптические вихри в океане. Л.: Гидрометеиздат. 1982. 264с.

Ларичев В.Д., Резник Г.М. Численный эксперимент по столкновению двумерных уединённых вихрей Россби// ДАН СССР. 1982. Т. 264. № 1. С. 229-233.

Макеев Н. Н. Знаменитое открытие XIX века (К 175-летию открытия солитона). Вестник Пермского университета. 2010. Вып. 2(39).

http://vestnik.psu.ru/files/articles/138_34820.p

Можно обсудить содержание статьи по электронной почте. На вопросы будет дано объяснение в последующих статьях или также по электронной почте. Автор.