

Том LXXXVII VII	Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)	1971
-----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

УДК 551.465 + 551.465.5

## ВОЗМОЖНЫЙ МЕХАНИЗМ СВЯЗЕЙ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ 2,5-ЛЕТНЕЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ

А. В. Фомичев

Из выделенных по данным океанологических наблюдений в водах юго-западного побережья Африки колебаний температуры и расхода воды наибольшие амплитуды получены для волн с периодами 1 год, 2,5 года и в спектре колебаний расхода воды - 4 года. Возможным причинам существования колебаний с периодом 2,5 года посвящена данная работа.

В настоящее время можно считать установленным факт существования 26-месячной периодичности в нижней стратосфере. Дубенцовым [2] 26-месячная периодичность выделена на основании анализа наблюдений на кораблях "Шокальский" и "Воейков". Установлено, что в нижней стратосфере преобладают восточные течения в четные годы, западные - в нечетные. Верьярд и Эбдон [13] привлекли для изучения периодичности высотные наблюдения береговых и материковых станций. Характерна большая амплитуда зональной составляющей скорости ветра (до 35 м/сек. на поверхности 10 мб). Эти авторы считают, что колебания распространяются вниз и затухают у тропопаузы и что отсутствует их связь с тропосферными ветрами. В стратосфере также существуют колебания температуры воздуха того же периода.

Характер явлений, имеющих 26-месячную периодичность очень разнообразен. Так, Кристлер [9] предполагает, что двухлетний цикл колебаний зональной составляющей ветра распространяется из средних широт к полюсу и экватору.

По данным Портайга [11], связывавшего количество выпадающих осадков и направление ветра в стратосфере, основной период колебаний осадков равен 27 месяцам. Вообще в связи с рассмотрением явлений 26-месячной периодичности как случайных, т.е. формирующихся под влиянием относительно большого числа факторов, функции каждого из которых в отдельности неизвестны, для группы различных явлений целесообразно рассматривать некоторые средние периоды, относя к ним все периоды в определенных границах. Под таким углом зрения рассматривались, например, периоды в работе Абрамова [1]. Верьярд и Эбдон предполагают три возможные причины наблюдаемой периодичности:

- 1) механизм с обратной связью, обуславливаемый неоднородностью земной поверхности;
- 2) собственные колебания земной атмосферы;
- 3) солнечная активность.

Первая из выдвигаемых причин позволяет предполагать существование подобной периодичности в приземных слоях атмосферы. Подобный обзор работы по изучению 26-месячной периодичности, в том числе в приземных слоях, содержится в книге Покровской [6]. Изменения океанологических условий в Южном океане с периодом, близким к 2,5-летнему, рассмотрены в работе Ескина и Слепцова-Шевлевича [3].

Иданов [4] установил непосредственную связь между характеристиками нижней стратосферы и термическим состоянием приземных слоев воздуха в Антарктиде летом южного полушария (январь). В четные годы в январе в нижней стратосфере наблюдается развитие циклонических образований. Исключение представлял январь 1958 г., вероятно, вследствие того, что этот год характеризовался максимумом солнечной деятельности.

Идановым установлено, что годы развития стратосферного циклона (четные годы), выделяемого по средней месячной январской карте АТ50, в тропосфере характеризуются в целом хорошо выраженной зональной циркуляцией. С другой стороны известно, что годы развития синоптических процессов зонального типа характеризуются более низкой температурой. Для характеристики воздухообмена в высоких широтах (Антарктида - Южный океан) Иданов предлагает использовать две характеристики: повторяе-

мость струйных течений и зональные индексы циркуляции для слоя 700-500 мб и на уровне моря.

Считая приземное барическое поле наиболее комплексным показателем, характеризующим особенности циркуляции, мы использовали данные о градиентах атмосферного давления (геострофическом ветре) в качестве показателя циркуляции в атмосфере и в океане. Подобный опыт был проделан ранее при исследовании циркуляции в Южном океане, развивающейся при различных типах синоптических ситуаций [7].

Правомерность суждений об интенсивности неперIODических течений в Южном океане по величине градиента атмосферного давления стала особенно ясной после появления работы Иванова [5], показавшего одинаковый характер годового хода градиентов атмосферного давления и полного потока с отставанием на  $\frac{\pi}{2}$  (1,5 месяца при полугодовой волне) пиков полного потока от появления наибольших горизонтальных градиентов атмосферного давления. По Иванову, теоретическая кривая изменения расхода Антарктического циркумполярного течения во времени имеет два максимума: зимой (июнь) и летом (декабрь). Закономерности, выявленные Хдановым, основаны на наблюдениях материковых антарктических станций. Для того чтобы установить, распространяются ли эти закономерности на акваторию Южного океана в целом, мы обратились к числовым показателям развития меридиональных и зональных атмосферных процессов. Установление факта чередования лет с развитием зональных и меридиональных процессов (соответственно в четные и нечетные годы) над акваторией Южного океана могло послужить основой для рассмотрения связей природных процессов в Южном океане и Бенгельском течении. Наиболее подробные метеорологические данные по Южному полушарию публикуются в южноафриканском журнале "Notos" [10].

Анализ имеющихся данных за 1952-1955 и 1968 гг. привел к заключению, что опубликованные индексы зональной циркуляции достаточно четко характеризуют указанные закономерности над Южным океаном и, в частности, в зоне Антарктического циркумполярного течения.

Зональные средние месячные индексы интенсивности атмосферной циркуляции в конкретные годы рассчитываются по ежесуточным картам атмосферного давления [10]. Зональные индексы представляют собой средние скорости геострофического ветра, рассчитанного по градиентам среднего давления между параллелями  $20^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $50^{\circ}$  и  $60^{\circ}$  ю.ш. Расчетный ветер относят к средней широте между параллелями, и зональный индекс рассматривают как зональный индекс для широты  $35-55^{\circ}$ , равный полусумме зональных индексов  $40^{\circ}$  и  $50^{\circ}$ .

Числовая характеристика зонального переноса на широтах  $35-55^{\circ}$  впервые была предложена для северного полушария и получила по имени автора название индекса зональной циркуляции Россби [12]. В южном полушарии зональный индекс Россби характеризует перенос между субтропической зоной высокого давления и зоной пониженного давления над Южным океаном. Возможность оценивать интенсивность преобладающего процесса в масштабе полушария, в частности интенсивность западно-восточного переноса в средних широтах Антарктики, представляет собой основное достоинство зонального индекса Россби, побудившее выбрать этот показатель.

При выборе индекса циркуляции мы учитывали одну характерную особенность атмосферной циркуляции над Южным океаном: в виду большой повторяемости и интенсивности западно-восточного переноса можно считать, что в среднем за год зональные формы преобладают над меридиональными в любой год. Однако значительность качественных изменений [7] схем атмосферной и океанической циркуляции<sup>x/</sup> заставила искать способ такой оценки в виде индекса меридиональной циркуляции.

Обращаясь к указанному ежегоднику "Notos", можно отметить, что в принципах расчета зональной и меридиональной составляющих имеется много общего. Если публикуемый в еженедельнике индекс зональной циркуляции характеризует перенос на  $35-55^{\circ}$  ю.ш., то меридиональная составляющая выделяется по

---

x/ 0 значении меридионального переноса поверхностных вод Южного океана чисто дрейфовым течением, которое должно компенсироваться негеострофической составляющей глубинных течений, также указывалось в работе [7].

данным о разностях атмосферного давления на уровне моря между осями хребтов и впадин атмосферного давления. обычно расположенными в меридиональном направлении, на  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  и  $60^{\circ}$  ю.ш.

Оба индекса — интенсивности зональной и меридиональной циркуляции — рассчитывались в одинаковых единицах скорости геострофического ветра — м/сек.

Для количественного выражения связи между преобладанием меридиональных форм циркуляции над Южным океаном и усилением влияния антарктического циркумполярного течения на одно из его ответвлений — Бенгельское течение — нами выбран показатель, позволяющий оценивать развитие меридиональных процессов по отношению к зональным атмосферным процессам. Если обозначить через  $M$  меридиональный геострофический ветер (в м/сек), а через  $Z$  — зональный геострофический ветер (в м/сек), то безразмерный показатель меридиональной циркуляции

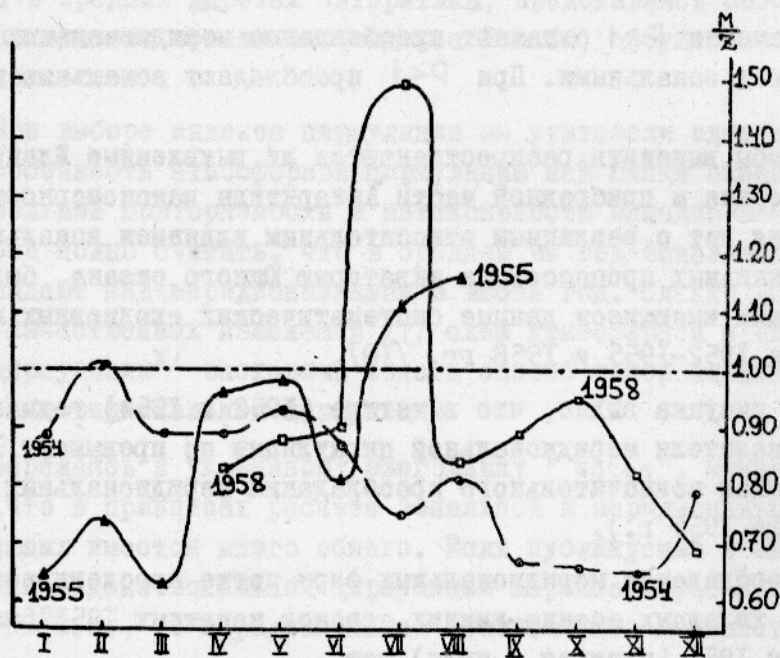
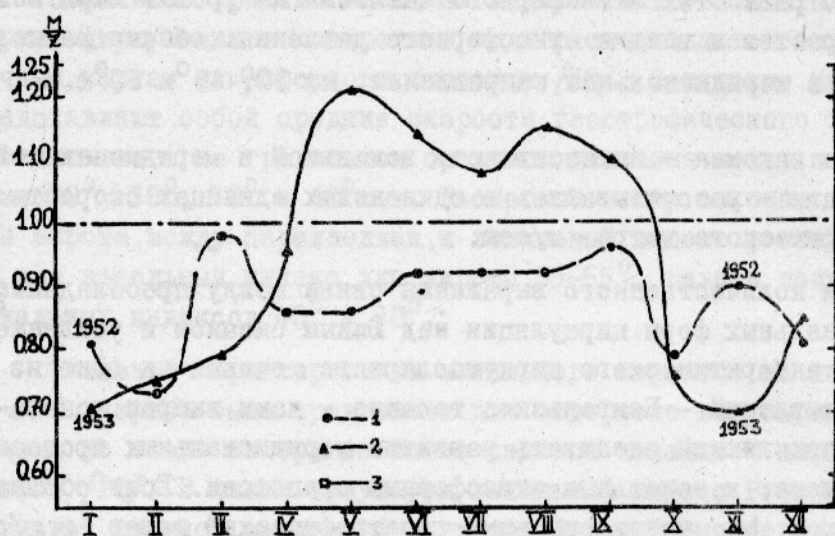
$$P = \frac{M}{Z} .$$

Значения  $P > 1$  означают преобладание меридиональных процессов над зональными. При  $P < 1$  преобладают зональные процессы.

Чтобы выяснить, распространяются ли выявленные Ждановым для материка и прибрежной части Антарктиды закономерности чередования лет с различным относительным влиянием зональных и меридиональных процессов на акваторию Южного океана, были использованы имеющиеся данные систематических ежедневных наблюдений за 1952–1955 и 1958 гг. [10].

Из рисунка видно, что в четные (1952 и 1954) годы величины показателя меридиональной циркуляции не превышают 1 (за исключением незначительного преобладания меридиональных форм в феврале 1954 г.).

Преобладание меридиональных форм четко прослеживается в течение холодных осенне-зимних сезонов нечетных 1953 (май–сентябрь) и 1955 (начиная с июля) лет.



Соотношение индексов меридиональной (M) и зональной (Z) циркуляций в атмосфере над Южным океаном в четные и нечетные годы (1958 г. - аномальный)

Данные за 1958 г. имеются лишь с апреля, но полностью охватывают холодный сезон, в который можно ожидать преобладания меридиональных форм циркуляции. Этот год, отмеченный Кдановым как аномальный по условиям над материком Антарктиды, можно отнести к аномальным и при рассмотрении хода индексов. Меридиональный перенос преобладал в 1958 г. лишь в одном месяце (июле), но был наиболее интенсивным за все рассматриваемое время.

Длительное, продолжающееся до половины года, преобладание процессов меридиональной циркуляции должно приводить к перестройке поля течений, в том числе и течения на промежуточных горизонтах, такого, как движение к северу промежуточной антарктической воды. Учитывая значительное время, необходимое для приспособления течений на промежуточных горизонтах к полю ветра, можно предполагать существование стационарных условий в течении промежуточной антарктической воды к северу и его усиление на протяжении нескольких месяцев, несмотря на чередование синоптических условий в поверхностном слое.

В то же время, как следует из табл. I, средние годовые величины зональной и меридиональной циркуляции не выявляют определенных закономерностей и носят сглаженный характер.

Таблица I

Средние годовые значения зональных (Z) и меридиональных (M) индексов атмосферной циркуляции

Г о д	M, м/сек	Z, м/сек	$\frac{M}{Z}$
1952	5,9	6,7	0,88
1953	6,1	6,7	0,91
1954	5,9	7,3	0,81
1955	6,0 <sup>x/</sup>	6,8 <sup>x/</sup>	0,88
1958	6,5 <sup>x/</sup>	7,2 <sup>x/</sup>	0,92

x/ Средние подсчитаны по данным за неполный год.

Применяя показатели меридиональной циркуляции, необходимо оценивать интенсивность меридиональных процессов в определенный год по появлению и продолжительности существования по-

к а з а т е л я м е р и д и о н а л ь н о й ц и р к у л я ц и и в е л и ч и н о ю  $> I$ .

Судя по годовому ходу средних месячных показателей меридиональной циркуляции (см. рисунок), в годы ее усиления (нечетные годы) переход значений через "границу" преобладания меридиональных процессов ( $P = I$ ) происходит до наступления антарктической зимы - в мае или даже в апреле.

Используя эту закономерность, можно по ходу среднемесячных значений показателя меридиональной циркуляции с заблаговременностью 2-3 месяца (в мае-июле) судить о характере усиления меридиональных процессов в холодный (особенно зимний) сезон.

При выяснении сезонного характера колебаний Бенгельского течения нами было установлено, что величина расхода Бенгельского течения, достаточно большая зимой, достигает максимума весной. Это можно объяснить временной "инерцией" процесса усиления расхода сначала (в виде своеобразного импульса) в Антарктическом циркумполярном течении, а затем распространением максимума интенсивности в идущей на север ветви этого потока - Бенгельском течении. Значительный срок временной "инерции" объясняется, по-видимому, сравнительно небольшими скоростями течения промежуточной антарктической воды. Примечателен тот факт, что по данным английского атласа течений южной части Тихого океана в одном из восточных пограничных течений - Перуанском, развивающемся в относительно высоких по сравнению с положением Бенгельского течения широтах, - максимум расхода наступает зимой, как и в Антарктическом циркумполярном течении. Максимальные в его годовом ходе расходы Бенгельского течения в весенний сезон, очевидно, подчиняются определенной закономерности и поэтому наиболее показательны и для рассмотрения межгодовых изменений. При этом в четные годы, когда, по Хданову, преобладают зональные формы циркуляции в тропосфере, в Южном океане должна усиливаться зональная циркуляция.

Рассматривая ход весенних расходов в Бенгельском течении (табл.2), можно заметить, что он подчиняется определенной закономерности, т.е. носит циклонический характер.



Таблица 2

Весенние расходы Бенгельского течения в 1950-1959 гг.

Г о д	Расход, км <sup>3</sup> /час	Г о д	Расход, км <sup>3</sup> /час
1950	4,72	1955	2,97
1951	4,19	1956	3,96
1952	3,90	1957	3,08
1953	3,18	1958	4,72
1954	4,89	1959	3,06

В изменениях величин расхода от четного года к последующему нечетному наблюдается неуклонное уменьшение. Но эти изменения не носят характера "правильной" периодичности: величины некоторых максимумов по абсолютной величине меньше минимумов, отстоящих от них на несколько лет. Характер изменений расходов Бенгельского течения, как и результаты гармонического анализа колебаний расходов и температуры воды, выявившие существенное влияние нескольких (по крайней мере двухгодовой и 2,5-летней) волн колебаний [8], свидетельствуют о цикличности колебаний. Тенденция межгодовых изменений расхода, однако, оказывается противоположной атмосферной циркуляции в Антарктике.

В четные годы, когда, по Жданову, в Антарктике преобладают зональные атмосферные процессы, в Бенгельском течении весной увеличиваются расходы воды, т.е. возрастает меридиональный перенос.

Существующую сопряженность циркуляции в Антарктике и Бенгельском течении, учитывая характер изменений величин весенних расходов Бенгельского течения, можно объяснить либо запаздыванием усиления океанической циркуляции в Бенгельском течении на I год по сравнению с годами преобладания меридиональной атмосферной циркуляции над Южным океаном (нечетные годы), либо "синхронным" (с запаздыванием на I сезон) усилением меридиональной циркуляции в Бенгельском течении в целом - следствием увеличения повторяемости зональных атмосферных процессов.

Мы склонны отдать предпочтение второму объяснению. Усиление зональных форм циркуляции в тропосфере над Южным океаном должно вызывать также усиление зональной океанической циркуляции. Как показывают расчеты океанической циркуляции [7], характерной особенностью неперiodических течений в Южном океане севернее зоны антарктической дивергенции при зональных типах атмосферной циркуляции представляется существование значительной северной составляющей.

Ввиду несущественных сезонных различий в структуре и характеристиках геострофических течений в зоне антарктического циркумполярного течения в качестве основного фактора изменчивости циркуляции в Южном океане рассматривались изменения дрейфовой составляющей неперiodического течения в поверхностном слое. Для поддержания баланса вод при усилении зональной циркуляции в зоне антарктического циркумполярного течения с характерной для него северной составляющей должно усиливаться течение антарктической промежуточной воды, формирующееся в зоне антарктической конвергенции.

Учитывая значительное время приспособления течений на промежуточных горизонтах к полю ветра, можно предполагать, что интенсивность течения промежуточной антарктической воды к северу зависит от соотношения интенсивности меридиональной и зональной циркуляции.

Должна обнаруживаться общая тенденция усиления течения антарктической промежуточной воды на протяжении нескольких месяцев с запаздыванием примерно на I сезон (3 месяца) по сравнению с усилением циркумполярного антарктического течения зимой. Чередование синоптических условий в поверхностном слое Южного океана, вероятно, может сказываться только на развитии инерционных течений в районе формирования антарктической промежуточной воды (зона антарктической конвергенции).

При преобладании меридиональных форм атмосферной циркуляции должно происходить смещение гидрологических фронтов на поверхности океана к северу и, в частности, увеличение сечения циркумполярного антарктического течения. Для сохранения условий баланса вод при увеличении сечения циркумполярного течения должен уменьшаться расход его ветви — течения проме-

жучоной антарктической воды. Интенсивность течения промежуточной антарктической воды должна определять степень ее проникновения на мелководья, величину градиента давления в зоне Бенгельского течения и, в конечном счете, - развитие Бенгельского течения.

### Л и т е р а т у р а

1. Абрамов Р.В. О возможных климатологических частотах колебательной системы океан - атмосфера. "Физика атмосферы и океана". Т.П, 1966, № 6.
2. Дубенцов В.Р. О некоторых особенностях циркуляции в тропосфере и стратосфере вблизи экватора. "Метеорология и гидрология", 1963, № 12.
3. Ескин Л.Ж., Слепцов-Шевлевич Б.А. Двухлетние циклические колебания ледовых условий в районе Южных Сандвичевых островов. "Информ. бюлл. САЭ", 1967, № 60.
4. Жданов Л.А. К вопросу о двухлетней цикличности атмосферной циркуляции над Антарктикой. Доклады Межведомственной комиссии по изучению Антарктики. М., изд-во "Наука", 1963.
5. Иванов Ю.А. О сезонной изменчивости антарктического циркумполярного течения. ДАН СССР. Т.127, 1959, № 1.
6. Покровская Т.В. Синоптико-климатологические и гелио-геофизические долгосрочные прогнозы погоды. Л., Гидрометеоиздат., 1969.
7. Тареев Б.А., Фомичев А.В. О поверхностных течениях Южного океана. "Океанологические исследования", 1963, № 8.
8. Фомичев А.В. О периодичности колебаний Бенгельского течения. "Океанология". Т.УИ. Вып. I, 1967.
9. Kriestler, B. Die annäherende zweijährige Schwingung des zonalen Windes in der tropischen Stratosphäre. Meteorol. Abhandlungen d. Freien Univ. Berlin, Bd. 22, H. 4.
10. "Notos", 1952-1958. Pretoria. 1964.
11. Portig, W.H. Rainfall and the bi-annual period. Meteorol. Abhandl. Inst. Meteorol. und Geophys. Freien Univ. Berlin, H. 36, 1963.

12. Rossby, C.G. and collab. Relations between variations in the intensity of the zonal circulation of the atmosphere. J.Mar.Res., vol.2, N 1. 1939.
13. Veryard, R.G. and Ebdon, R.A. Fluctuations in tropical stratospheric winds. Meteorol.Mag., vol.90, 1961.

The mechanism of possible relations in the phenomena  
of a 2.5\_year periodicity

A.V.Fomichev

S u m m a r y

A 2.5-year wave is distinguished in the fluctuation range of temperature and water transport in the Benguela current. The estimate of the atmospheric circulation index over the South Ocean indicates the predominance of meridional circulation forms within the cold autumn-winter seasons in most odd years. Mean monthly values can only serve as indicators of prevalence of meridional circulation over the South Ocean.

In cold seasons of even years when zonal atmospheric processes prevail over the South Ocean the water transport in the Benguela current is intensified in the south hemisphere in spring, particularly the flow of the Antarctic intermediate waters moving to the North.