

И. В. МАКСИМОВ

О «ПОЛЮСНОМ ПРИЛИВЕ» В МОРЕ И АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 4 VI 1952)

Мысль о необходимости возникновения 14-месячных нутационных колебаний среднего уровня моря явилась одновременно с представлением о существовании свободной нутации земной оси. Д. Дарвин указал, что колебания уровня моря, возникающие в результате свободной нутации полюса Земли, должны быть близки по своему характеру к долгопериодным приливным колебаниям уровня моря и должны представлять собой своего рода вынужденную «приливную» волну, вращающуюся вокруг полюса в направлении с запада на восток. Дарвин назвал это явление «полюсным приливом». Попытки исследования «полюсного прилива» в Северном и Балтийском морях, а также у атлантических берегов Северной Америки были сделаны Ван-Баквизеном ⁽³⁾, Кристи ⁽⁴⁾ и Пржбилоком ⁽⁵⁾, которыми действительно были обнаружены колебания среднего уровня моря с периодом, близким к 14 мес., и с амплитудой, достигавшей 10—14 мм. Однако эти исследователи пытались выделить 14-месячные колебания уровня моря путем гармонического анализа сравнительно коротких рядов среднесуточных высот уровня моря, что имело следствием недостаточную определенность результатов анализа. Пржбилок, рассматривая данные своих исследований совместно с результатами исследований Ван-Баквизена и Кристи, пришел к заключению, что полученные результаты нельзя считать убедительными и что они не дают достаточных оснований для положительного решения вопроса о существовании 14-месячных, нутационных по происхождению, колебаний среднего уровня моря в различных частях земного океана. В связи с этим возникла необходимость вновь обратиться к исследованию этого явления и одновременно поставить вопрос о существовании «полюсного прилива» не только в море, но и в атмосфере Земли.

В отличие от прежних исследователей, для изучения «полюсного прилива» нами были использованы не среднесуточные, а среднемесячные высоты уровня моря. При этом для исключения 12-месячных (сезонных) колебаний среднего уровня и для выделения 14-месячных волн уровня был использован прием, предложенный Д. Дарвином для разделения полусуточных лунной и солнечной волн прилива и основанный на разности угловых скоростей исключаемой и выделяемой волн. При осуществлении анализа всегда использовались данные наблюдений продолжительностью в 14 лет*. Таким образом, амплитуды колебаний, вычисленные в результате анализа, являются лишь средними за 14 лет амплитудами 14-месячной части действительных нутационных колебаний среднего уровня моря.

* Продолжительность периода свободной нутации земной оси при анализе была принята равной 14 мес.

Подобный анализ был выполнен по данным наблюдений над колебаниями уровня моря: в северной части Атлантического океана (в области между 35 и 60° с. ш.) в среднем для 14-летий с 1909 по 1922 г. (7 пунктов) и с 1923 по 1936 г. (10 пунктов); в Балтийском море в среднем для 14-летия с 1904 по 1917 г. (10 пунктов); в Средиземном море в среднем для 14-летия с 1904 по 1917 г. (7 пунктов) и в северной части Тихого океана в среднем для 14-летия с 1909 по 1923 г. (7 пунктов), а также и во многих других отдельных пунктах. Полученные в результате анализа уравнения 14-месячных нутационных колебаний среднего уровня моря приведены ниже в сопоставлении с выведенными таким же путем по данным А. Я. Орлова (¹, ²) уравнениями 14-месячных колебаний составляющей радиуса-вектора истинного полюса Земли на меридиан Гринвича (X_0).

Северная часть Атлантического океана

1909—1922. Уровень: $a = 14 \cos(25,7^\circ t - 220^\circ)$ (мм)

Полюс (X_0): $b = 0''$, $138 \cos(25,7^\circ t - 232^\circ)$

1923—1936. Уровень: $a = 15 \cos(25,7^\circ t - 264^\circ)$ (мм)

Полюс (X_0): $b = 0''$, $0,50 \cos(25,7^\circ t - 202^\circ)$

Балтийское море

1904—1917. Уровень: $a = 5 \cos(25,7^\circ t - 264^\circ)$ (мм)

Полюс (X_0): $b = 0''$, $149 \cos(25,7^\circ t - 317^\circ)$

Средиземное море

1904—1917. Уровень: $a = 26 \cos(25,7^\circ t - 272^\circ)$ (мм)

Полюс (X_0): $b = 0''$, $149 \cos(25,7^\circ t - 317^\circ)$

Северная часть Тихого океана

1909—1922. Уровень: $a = 5 \cos(25,7^\circ t - 50^\circ)$ (мм)

Полюс (X_0): $b = 0''$, $138 \cos(25,7^\circ t - 232^\circ)$

Приведенные уравнения показывают, что в северной части Атлантического и Тихого океанов имеют место заметные 14-месячные колебания среднего уровня моря. Амплитуды этих колебаний невелики, но достигают, например в Средиземном море, 26 мм, т. е. в ходе этих колебаний средний уровень Средиземного моря изменяется более чем на 5 см. Соотношение фазы нутационных колебаний среднего уровня моря и фазы 14-месячных изменений составляющей радиуса-вектора полюса Земли на меридиан Гринвича показывает, что при прохождении радиусом-вектором полюса Земли меридиана Гринвича в северной части Атлантического океана, в Балтийском и Средиземном морях проходит гребень волны «полюсного прилива». В северной части Тихого океана, напротив, гребень волны «полюсного прилива» проходит при пересечении радиусом-вектором полюса Земли 180 меридиана. Это подтверждает мнение Д. Дарвина о том, что «полюсный прилив» представлен в океане Земли вынужденной циркулярной волной, вращающейся вокруг полюса Земли в западно-восточном направлении.

Исследование 14-месячных колебаний среднего уровня моря в Свиномюнде (1811—1936 г.), Вильгельмсхавене (1856—1911 г.) и Цухавене (1856—1911 г.) показало, что размеры нутационных колебаний среднего уровня моря с течением времени значительно изменялись. Анализ наблюдений в Свиномюнде показал, что в период с 1811 и по 1900 г. размеры «полюсного прилива» в Свиномюнде убывали, а после вновь стали возрастать. Это указывает на наличие вековых изменений размеров свободной нутации земной оси и свидетельствует о том, что явление «полюсного прилива» в море, изменяя свою величину, может временами становиться значительным и играть существенную роль в изменениях среднего уровня, а следовательно, и циркуляции вод в отдельных морях, расположенных в средних широтах Земли.

Существование «полюсного прилива» в море приводит к мысли о необходимости возникновения подобного явления и в атмосфере Земли.

Для проверки этого предположения были использованы среднемесячные значения атмосферного давления в различных широтах северного и южного полушарий Земли за 14 лет с 1903 по 1916 г. Анализ этих данных показал, что во всех широтах Земли существуют отчетливые 14-месячные колебания среднемесячных величин атмосферного давления. Амплитуды этих колебаний, вычисленные в результате анализа, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Атлантическая часть Земли			Тихоокеанская часть Земли		
	Широта	Амплитуда, мм		Широта	Амплитуда, мм
Якобсхавен	69° с. ш.	0,29			
Ивигтут	41° с. ш.	0,28			
О-в Валенсия . . .	52° с. ш.	0,54			
Торонто	44° с. ш.	0,25	Спокен-Фолс	47° с. ш.	0,16
Бермудские о-ва	32° с. ш.	0,26	Сан-Франциско . . .	38° с. ш.	0,25
Сен-Винсент	17° с. ш.	0,06	Гонолулу	21° с. ш.	0,11
О-в Св.Елены . . .	16° ю. ш.	0,13	Порт Дарвин	12° ю. ш.	0,05
Буэнос-Айрес . . .	35° ю. ш.	0,40	Аделаида	35° ю. ш.	0,40
Пунта-Аренас . . .	53° ю. ш.	0,79	Велингтон	41° ю. ш.	0,62

Значения этих амплитуд показывают, что 14-месячные колебания давления почти полностью отсутствуют на экваторе, достигают наибольшего развития в средних широтах Земли и вновь уменьшаются в направлении к полюсам Земли. На необходимость именно такого закона изменения с широтой размеров «полюсного прилива» в море и было указано ранее Швейдаром (6).

Сопоставление нутационных колебаний атмосферного давления в среднем для всей атлантической и тихоокеанской части северного полушария Земли с 14-месячными изменениями величины составляющей радиуса-вектора полюса Земли на меридиан Гринвича привело к следующим результатам:

1903—1916. Давление: $a = 0,25 \cos(25,7^\circ t - 7)$ (мм) — атлантическая часть Земли

Полюс (X_0): $b = 0'', 153 \cos(25,7^\circ t - 256^\circ)$

Давление: $a = 0,09 \cos(25,7^\circ t - 215^\circ)$ — тихоокеанская часть Земли

Отсюда видно, что значения фазы нутационных колебаний атмосферного давления в атлантической и тихоокеанской частях Земли в рассматриваемое время были обратными. Это указывает на циркумполярный характер волны «полюсного прилива» в атмосфере Земли. При этом при прохождении радиусом-вектором полюса Земли меридиана Гринвича в атлантической части Земли наступает нутационный минимум, а в тихоокеанской — нутационный максимум атмосферного давления.

Для исследования вековых изменений размеров «полюсного прилива» в атмосфере Земли были использованы среднемесячные значения давления в Эдинбурге за время с 1770 по 1930 г. *. В результате были получены следующие значения средних за каждые 7 лет амплитуд нутационных колебаний атмосферного давления в Эдинбурге (см. табл. 2).

Приведенные данные показывают, что нутационные колебания среднемесячных величин атмосферного давления в Эдинбурге достигали за время наблюдений значительных размеров и временами оказывались способными изменять среднемесячную величину давления на 4—5 мм рт. ст. Очевидно, что такие изменения давления должны повлечь за собой и соответствующие изменения циркуляции атмосферы, а следова-

* В этом случае в анализ вводились данные наблюдений за каждые 7 лет.

Таблица 2

Годы	Амплитуда, мм	Годы	Амплитуда, мм	Годы	Амплитуда, мм	Годы	Амплитуда, мм
1770—1776	4,08	1812—1818	1,64	1854—1860	0,57	1890—1896	1,33
1776—1782	1,96	1818—1824	2,25	1860—1866	1,40	1896—1902	4,07
1782—1788	2,61	1824—1830	2,01	1866—1872	0,58	1902—1908	2,13
1788—1794	3,44	1830—1836	2,16	1872—1878	2,37	1908—1914	2,76
1794—1800	2,02	1836—1842	0,91	1878—1884	0,90	1914—1920	4,93
1800—1806	1,61	1842—1848	0,51	1884—1890	0,90	1920—1926	2,12
1806—1812	1,90	1848—1854	2,93				

тельно, и погоды в отдельных районах средних широт Земли. Среднее значение фазы нутационных колебаний атмосферного давления в Эдинбурге (1770—1930 гг.), отнесенной к 1900 г., оказалось равным 301°. Значение фазы 14-месячных колебаний составляющей радиуса-вектора полюса Земли на меридиан Гринвича (1904—1922 гг.) было равно 120°. Это еще раз показывает, что в атлантической части Земли при прохождении радиусом-вектором полюса Земли меридиана Гринвича имеет место минимум нутационных колебаний давления, а максимум таких колебаний наступает при прохождении радиусом-вектором полюса Земли 180 меридиана. Таким образом, при изучении воздействия «полюсного прилива» на циркуляцию атмосферы и погоду в отдельных районах средних широт Земли необходимо иметь в виду, что фаза подобных колебаний давления должна иметь разные значения в разных долготах Земли.

Размеры «полюсного прилива» в атмосфере за последние полтора века также претерпели значительные изменения. Данные анализа наблюдений над изменениями атмосферного давления в Эдинбурге показывают, что в это время происходили как заметные 15—20-летние, так и вековые изменения амплитуд 14-месячных нутационных колебаний давления. При этом до 1850—1860 г. амплитуды этих колебаний уменьшались, а после вновь стали увеличиваться. Это опять указывает на существование вековых изменений размеров свободной нутации полюса Земли.

В заключение следует указать, что «полюсный прилив» в атмосфере Земли имеет два следствия. С одной стороны, это явление, повидимому, обуславливает многолетние изменения сезонных особенностей циркуляции атмосферы, а следовательно, и погоды в отдельных районах средних широт Земли. Отсюда возникает необходимость использования закономерностей, созданных «полюсным приливом», для осуществления сезонных прогнозов погоды. С другой стороны, в результате наложения «полюсного прилива» на сезонные 12-месячные явления в атмосфере средних широт Земли размеры сезонных изменений различных метеорологических характеристик приобретают 7-летнюю циклическую изменчивость, и возникает, в частности, 7-летний цикл изменений континентальности климата Европы.

Институт океанологии
Академии наук СССР

Поступило
19 V 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Я. Орлов, Бюлл. Гос. астр. ин-та им. Штернберга при МГУ, № 8—5, 34 (1941). ² А. Я. Орлов, ДАН, 37, № 9, 304 (1942). ³ H. van de Sande Bakhuizen, Viertel-Jahrschr. d. Astr. Ges., 48 Jahrgang, H. 1, 1—4, Leipzig (1913). ⁴ A. Christie, Bull. Phil. Soc. of Washington, 13 (1900). ⁵ E. Przybillok, Veröff. d. Preuss. Geodät. Inst., 80 (1919). ⁶ W. Schweydar, *ibid.*, N. F., 66, Potsdam (1916).