

БАРОКЛИННЫЙ РАДИУС ДЕФОРМАЦИИ РОССБИ В МОРЯХ СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА

Новоселова Е.В.¹, Белоненко Т.В.²

¹ – Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия, novoselovaa.elena@gmail.com

² – Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Был вычислен бароклиный радиус деформации Россби с помощью трёх классических методов (средняя по глубине частота Вайсяля-Брента, WKВ-приближение и двухслойная модель океана). Были рассмотрены особенности его сезонной изменчивости.

Ключевые слова: бароклиный радиус деформации Россби, Северная Атлантика.

Радиус деформации Россби – это масштаб длины, имеющий фундаментальное значение в динамике атмосферы и океана. По существу, он является горизонтальным масштабом, на котором эффекты вращения (грубого типа) становятся такими же важными, как и эффекты плавучести [3].

Для расчёта этой характеристики существует три наиболее распространённых метода, которые и применяются в настоящей работе. В *первом* из них используется средняя по глубине частота Вайсяля-Брента, для расчёта используется следующая формула:

$$R_n = \frac{NH}{\pi f},$$

где $N = \sqrt{-\frac{g}{f} \frac{\partial \rho}{\partial z}}$ – средняя по глубине частота Вайсяля-Брента, g – ускорение свободного падения, ρ – плотность воды, H – глубина, f – параметр Кориолиса.

Второй метод основан на WKВ-приближении и был предложен Челтоном [4]. В каждой точке определяется профиль частоты Вайсяля-Брента, который интегрируется для определения значения фазовой скорости n -ой моды волн Россби (c_n), а затем рассчитывается радиус Россби (R_n) [1]:

$$R_n = \frac{c_n}{f}, \quad c_n \approx \frac{1}{\pi} \int_{-H}^0 N(z) dz.$$

Третий метод основан на применении двухслойной модели океана [2]. В этом случае для каждого профиля определяется глубина с максимальным значением частоты Вайсяля-Брента, которая затем принимается глубиной границы между слоями [1].

$$R_1 = \frac{1}{f} \sqrt{g' \frac{h_1 h_2}{h_1 + h_2}},$$

где $g' = g \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}$, h_1 , h_2 – толщина верхнего и нижнего слоев, ρ_1 , ρ_2 – плотность верхнего и нижнего слоёв.

Для проведения вышеприведённых расчётов мы использовали данные массива ARMOR-3D, который является синтезом данных *in situ* и спутниковых измерений. Разрешение массива – $1/4^\circ$ по широте и долготе, временная дискретность – 1 месяц, диапазон глубин – от 0 до 5500 (33 горизонта). В работе использовался временной период с 15.01.1993 по 15.12.2016, область ограничена координатами: 40° з.д. – 30° в.д., 64° – 83° с.ш.

Выяснено, что максимальные величины радиуса деформации Россби (до 8-9 км) наблюдаются в Лофотенской котловине и в северной части исследуемого района ($\sim 82^\circ$ с.ш.) – в областях максимальных глубин. Сравнение оценок радиуса, полученных раз-

личными методами, выявило различия в пространственном распределении величин, которые связаны с особенностями методов. В частности, оценки радиуса деформации, вычисленного по формуле для двухслойной жидкости, существенно зависят от глубины h_1 , которая определяется эмпирическим способом. Межгодовая изменчивость не является ярко выраженной. Присутствует сезонная изменчивость, наибольшие значения характеристики достигаются в тёплое время года (июль-сентябрь).

Заявленная тема является крайне актуальной, так как при всей простоте подходов, в литературе существует путаница в численных оценках радиуса деформации, которая присутствует даже в работах маститых ученых. В частности, в [8] указывают, что в районе Лофотенского вихря (область, ограниченная $69^\circ - 70^\circ$ с.ш. и 3° в.д. – 5° в.д.) бароклинный радиус деформации равен 20-25 км. В [6] для области, ограниченной $69^\circ - 7^\circ$ с.ш., $0^\circ - 8^\circ$ з.д., определяет радиус деформации равным 27,8 км. Мы считаем, что данные оценки являются ошибочными и возникли из-за того, что авторы, рассчитывая радиус по формуле ВКБ, не включили в знаменатель число π .

В то же время в [5], рассчитывая радиус деформации через задачу Штурма-Лиувилля (метод ВКБ-приближения) получают в области Лофотенского вихря значение 12 км, а рассчитывая радиус другим способом – по формуле для двухслойной жидкости, получает значение 8 км. Подобные оценки получены также в работах [4, 7]. Наши оценки радиуса согласуются с оценками в [4, 5, 7]. Мы считаем, что наше исследование будет способствовать установлению истины в подходах к оценке бароклинного радиуса деформации Россби.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 18-17-00027

Литература

1. Белonenko Т.В., Кубряков А.А., Станичный С.В. Спектральные характеристики волн Россби северо-западной части Тихого океана по спутниковым альтиметрическим данным // Исследование Земли из космоса. 2016. № 1–2. С. 43–52.
2. Ле Блон П., Майсек Л. Волны в океане. В двух частях. М.: Мир, 1981. 365 с.
3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана: в 2-х томах. Т. 2. М.: Мир, 1986. 415 с.
4. Chelton D.B., de Szoeke R.A., Schlax M.G., El Naggar K., Siwertz N. Geographical variability of the first-baroclinic Rossby radius of deformation // J. Phys. Oceanogr. 1998. V. 28. P. 433–460.
5. Fer I., A. Bosse, et al. The dissipation of kinetic energy in the Lofoten Basin Eddy // Journal of Physical Oceanography. 2018. doi:10.1175/JPO-D-17-0244.1
6. Köhl, A. Generation and Stability of a Quasi-Permanent Vortex in the Lofoten Basin // J. Phys. Oceanogr. 37, 2007. P. 2637–2651.
7. Nurser A. J. G., Bacon S. The Rossby radius in the Arctic Ocean // Ocean Sci. 2014. V. 10. P. 967–975.
8. Volkov, D. L., Kubryakov, A. A., Lumpkin R. Formation and variability of the Lofoten basin vortex in a high-resolution ocean model // Deep-Sea Res. I, 105. 2015. P. 142–157.

INTERNAL ROSSBY RADIUS OF DEFORMATION IN THE SEAS OF THE NORTH EUROPEAN BASIN

Novoselova E.V.¹, Belonenko T.V.²

¹ – Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, novoselovaa.elen@gmail.com

² – Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. In this paper, we calculated an internal Rossby radius of deformation using three classical methods (using the average the Väisäl–Brent frequency, the WKB approximation and the two-layer model of the ocean). In addition, we considered the features of its seasonal variability.

Key words: internal Rossby radius of deformation, North Atlantic.