

## ВИХРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗА НЕОДНОРОДНОСТЯМИ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ (ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ)

Лыжков Д.А.<sup>1</sup>, Журбас Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт океанологии им. П.П. Шириова РАН, 117997, г. Москва,  
Нахимовский пр., 36, 8(499)124-63-96, lyzhkov.da@ocean.ru*

It is shown that the process of eddy formation behind a coastal cape-like obstacle essentially depends on the method of generating the longshore current. Numerical simulations of the flow around a cape generated by transient longshore wind reveal different modes of eddy formation in rotating stratified environment depending on dimensionless parameters.

За островами, выступами береговой линии и мысами может происходить отрыв вдольберегового течения и образование вихрей. Формирующиеся вихревые структуры оказывают влияние на различные процессы в прибрежной зоне, такие как усиление перемешивания, диссипации и силы сопротивления, перенос загрязнений, питательных веществ и донных осадков. Исследованию данного процесса посвящен ряд работ. Например, в [1] набегающее на препятствие-мыс течение было смоделировано путем поступательного перемещения мыса-пирамиды вдоль боковой стенки вращающегося стратифицированного бассейна постоянной глубины в диапазоне малых чисел Кибеля-Россби  $Ro < 0.16 \ll 1$ , где  $Ro = U/fD$ ,  $U$ ,  $D$  и  $f$  – характерные значения скорости течения, горизонтального размера острова/мыса и параметр Кориолиса соответственно. Аналогичная задача была рассмотрена и в работе [2], где вдольбереговое течение имитировалось путем изменения скорости вращения круглого бассейна после того, как вода в бассейне была предварительно приведена в состояние твердотельного вращения. Число Кибеля-Россби принимало малые и умеренные значения  $Ro < 0.6$ . Однако сравнение результатов лабораторных экспериментов [1] и [2] по генерации вихрей за мысом показало существенные различия.

Данное обстоятельство в числе прочих определило цель настоящей работы, которой являлось проведение численных экспериментов по обтеканию мыса в широком диапазоне безразмерных параметров – чисел Бургера  $Bu$  ( $Bu = (R_{bc}/D)^2$ , где  $R_{bc} = HN/f$  – бароклиный радиус деформации,  $H$  – характерное значение глубины моря,  $N$  – частота

та Вейселя-Брендта) и Кибеля-Россби  $Ro$ . С помощью численного моделирования предполагалось, во-первых, выяснить причины различий результатов лабораторных экспериментов [1] и [2], и, во-вторых, изучить закономерности вихреобразования при больших значениях числа Кибеля-Россби, что не было сделано в работах [1] и [2]. В результате решения поставленных задач было обнаружено два режима запрятственного вихреобразования в стратифицированной вращающейся среде при малых и умеренных числах Кибеля-Россби  $Ro < 0.6$ : существование захваченного вихря (антициклона или циклона) при  $Bu < 0.2$  (рис. 1) или периодический отрыв вихрей при  $Bu > 0.2$ , что соответствует результатам [1]. Что касается вихреобразования в стратифицированной вращающейся среде за мысом при больших числах Кибеля-Россби  $Ro \approx 1$  и  $Ro > 1$ , то в лабораторных опытах [1, 2] оно не было исследовано. Согласно нашим численным экспериментам, при  $0.4-0.6 < Ro < 1.4$  происходит ослабление и вытягивание формируемых за мысом вихрей (скорость вращения вихря становится меньше скорости основного течения, а его размер вдоль берега становится больше поперечного размера). При  $Ro > 1.4$  вихри за мысом не образуются, а оторвавшееся от береговой линии течение плавно возвращается обратно к береговой линии на расстоянии порядка  $10D$ .

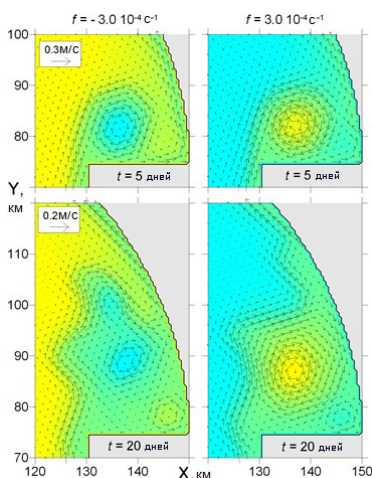


Рис. 1. Эксперимент для стратифицированной жидкости при  $Bu = 0.032$ ,  $Ro = 0.042$  и  $0.045$  в случаях антициклона и циклона соответственно. Рисунком характеризуется режим образования за мысом захваченных вихрей при  $Bu < 0.2$  и  $Ro < 0.6$ .

Таким образом, расхождение результатов лабораторных экспериментов [1] и [2] были обусловлены различием способов создания вдольберегового течения относительно мыса.

Работа выполнялась при поддержке РФФ (проект №14-17-00382) и РФФИ (проект 15-05-01479).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Boyer D, Tao L. On the motion of linearly stratified rotating fluids past capes // J. Fluid Mech. 1987. V. 180. P. 429–449.
2. Елкин Д.Н., Зацепин А.Г. Лабораторное исследование механизма периодического вихреобразования за мысами в прибрежной зоне моря // Океанология. 2013. Т. 53. № 1. С. 29–41.