

АНТИЦИКЛОНИЧЕСКИЕ ВИХРИ НА ШЕЛЬФЕ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Файман П. А. (ДВНИГМИ, pavel.fayman@gmail.com)

Пономарев В.И. (ТОИ ДВО РАН, pvi711@yandex.ru)

Харламов П.В. (ДВНИГМИ, pkharlamov@poi.dvo.ru)

ВВЕДЕНИЕ

Первые масштабные исследования циркуляции залива Петра Великого (ЗПВ) проводились методами динамической топографии, пассивных дрейфтеров и инструментальных измерений (Белинский, Истошин 1950; Истошин 1950). Одним из выводов, полученным в ходе исследований, было наличие антициклонической циркуляции в ЗПВ на северной периферии Приморского течения. Эта циркуляция простирается от мыса Гамов до мыса Поворотный.

Результаты многочисленных инструментальных измерений, проводимых позднее, подтвердили наличие антициклонической циркуляции. Эти результаты публиковались в русскоязычной литературе (Яричин 1980; Яричин, Покудов 1982).

Численные эксперименты с моделью Японского моря с трехкилометровым разрешением показали отличия между летней и осенней циркуляцией в ЗПВ. Модель была разработана в Институте прикладной механики Университета Кюсю. Результаты численных экспериментов показали антициклоническую циркуляцию в центральной части ЗПВ в осенний период года. Эта антициклоническая циркуляция находится между мысом Гамов и островом Аскольд. Наличие антициклона в этот период времени объясняется интенсивной антициклонической завихренностью поля ветра в этом районе (Yoon and Kim 2009; Kim and Yoon 2010).

Антициклонические вихри являются важной особенностью циркуляции на шельфе RGB. Его важность доказывается, например, тем фактом, что из 9 STD съемок ДВНИГМИ, проведенных в период с 2001 по 2010 год, в семи из них были обнаружены антициклонические вихри на шельфе. Целью этой работы является изучение долгоживущих антициклонических вихрей. Материалом, на котором основано исследование, являются результаты численных экспериментов на основе прогностических моделей океана ROMS, МГИ, а так же диагностических расчетов на основе экспедиционных съемок ДВНИГМИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В начале 2000 годов в ДВНИГМИ была разработана программа океанографических STD-съемок в ЗПВ для различных сезонов года. Экспедиции проводились главным образом в летне-осенний период года. Измерения температуры и солености морской воды проводились STD-зондами на каждом метре глубины.

Для расчета течений используется линейная диагностическая модель, теоретические основы которой сформулированы в работе А.С. Саркисяна. Входными данными для линейной диагностической модели являются трехмерное поле плотности морской воды,

двухмерное поле напряжения трения ветра и поле глубин. Батиметрия была оцифрована с навигационной карты «Японское море, северо-западное побережье, подходы к заливам Восток и Находка», масштаба 1: 50000. Ветер брался однородный по пространству – умеренный юго-восточный, характерный для периодов экспедиций (Файман 2017; Файман, Пономарёв 2018; Fayman 2003; Fayman, Ponomarev 2008).

Плотность вычислялась при помощи уравнения состояния морской воды на основе экспедиционных данных температуры и солёности. Затем исходные поля плотности интерполировались на регулярную сетку с шагом 1/80 градуса по широте и долготе. Область моделирования совпадает с районом экспедиционной съёмки. В период с 2001 по 2010 год было проведено 9 океанографических экспедиций в различных частях ЗПВ.

В данной работе приводятся результаты диагностических расчетов тех экспедиций, где был зафиксирован ярко выраженный антициклонический вихрь.

Экспедиция 15.08.2001 - 19.08.2001. Область экспедиции августа 2001 года включала в себя акваторию Уссурийского и Амурского заливов и открытую часть шельфа ЗПВ. Циркуляция вод шельфовой зоны ЗПВ антициклоническая с центром в точке с координатами (131.8; 42.7). Этот антициклон проявляется по всей толще от поверхности до дна.

Экспедиция 08.08.2003 - 11.08.2003 зафиксировала антициклонический вихрь к югу от мыса Поворотный. Этот антициклонический вихрь находится на периферии меандра Приморского течения.

Экспедиция 24.07.2007 - 30.07.2007 показала, что в центре исследуемого района находится антициклон, вытянутый с севера на юг. Этот антициклон имеет сложную структуру, состоящую из трех антициклонов: северного, центрального и южного. Северный антициклон диаметром 15 км находится в восточной части Уссурийского залива. Центральный антициклон диаметром 30 км. Его центр находится западнее пролива Аскольд. Южный вихрь диаметром 50 км. Его центр находится в точке с координатами 132.2 в.д. и 42.6 с.ш. Скорости течения на восточной периферии лежат в пределах 25-40 см/сек, на западной периферии – до 15 см/сек.

Экспедиция 10.09.2008 - 16.09.2008 показала антициклон в центральной части с центром в точке с координатами 132.25 в.д. и 42.55 с.ш. Скорости течений на периферии достигают 30 см/сек. Этот антициклон прослеживается до придонного слоя. Он имеет форму эллипса главная ось которого имеет направление с северо-запада на юго-восток. Средняя скорость на периферии этого вихря лежит в пределах 25-40 см/сек. Интенсификация 60 см/сек находится юго-западнее острова Аскольд.

Экспедиция 05.08.2009 - 11.08.2009 показала что в центре залива Петра Великого находится антициклонический вихрь размером 70 км с центром в точке (132; 42.6). На периферии этого антициклона находятся циклонические вихри. Скорости течения на периферии этого вихря в поверхностном слое лежат в пределах 30-50 см/сек.

Экспедиция 24.08.2010 - 28.08.2010 показала поток западного направления во всей открытой части залива Петра Великого со скоростями 20-30 см/сек. Западнее острова Аскольд этот поток распадается на два потока. Первый со скоростями 15 см/сек следует от пролива Аскольд до архипелага Императрицы Евгении. Второй поток следует вдоль южной границы залива Петра Великого. Южнее этого потока в центральной части южной границы находится циклон. На северной периферии – пара разнонаправленных вихрей. В этом потоке выделяется антициклонический вихрь радиуса 50 км, центр которого находится в точке с координатами (132.6; 42.7). Этот вихрь в придонном слое распадается на пару антициклонов.

Результаты океанографических экспедиций, которые ДВНИГМИ проводил в период с 2001 по 2010 год, показали, что циркуляция в заливе Петра Великого имеет сильную синоптическую изменчивость. Наиболее типичным является антициклон в центральной части залива Петра Великого. Его хорошо видно на съемках 2001 (август, ноябрь), 2007, 2008 и 2009 годов. Для восточной части ЗПВ характерен западный перенос вод, сопровождаемый чаще антициклоническими вихрями на его северной периферии.

Для более глубокого анализа антициклонических вихрей в ЗПВ были выполнены численные эксперименты с прогностической, квазиизопикнической моделью океана Морского Гидрофизического Института (г. Севастополь) и с Региональной моделью океана (ROMS) (Пономарев и др. 2015; Пранц и др. 2013; Prants et al 2011). Результаты моделирования показали следующее. В летний период времени ось Приморского течения лежит над континентальным склоном. Вдоль берегов Приморья до мыса Поворотный Приморское течение прижимается к берегу, после мыса Поворотный – следует строго над континентальным склоном. Доходя до берегов Северной Кореи поток Приморского течения поворачивает в юго-восточном направлении. В заливе Петра Великого южнее острова Русский и заливе Посыет формируется слабая антициклоническая завихренность, в Уссурийском и Амурском заливах – циклоническая. На периферии антициклонических вихрей отмечены циклонические вихри меньших масштабов. Общая структура течения на нижележащих горизонтах в общих чертах повторяет схему течений в ВКС.

В осенний период времени ось Приморского течения сдвинута на юг. Повсеместно между осью Приморского течения и берегом формируются антициклонические вихри, наиболее заметные в центре Залива Петра великого, в заливе Посье. Слабая циклоническая активность отмечена в Уссурийском заливе. В нижележащих слоях отмечена явная циклоническая завихренность на периферии антициклонического вихря залива Петра Великого. Вдоль берега Приморья слабая ветвь Приморского течения направлена в юго-западном направлении. В заливе Петра Великого отмечается формирование антициклонических вихрей у мыса Поворотный и последующее их движение в западном направлении вместе с Приморским течением в летнее время года. В осеннее время формируется стационарный антициклонический вихрь диаметром около 100 км, центр

которого расположен южнее острова Русский. На его периферии отмечены циклонические вихри более мелкого масштаба.

ЛИТЕРАТУРА

Белинский Н.А., Истошин Ю.В. Приморское течение по материалам экспедиции шхуны "Россинанте" 1936 // Труды ЦИП. - 1950 - Том 17, стр. 132-143

Истошин Ю.В. 1950. Течения Японского моря по данным бутылочной почты. Труды ЦИП, 1950, N17, с.88-131.

Пономарев В.И., Файман П.А., Машкина И.В. и др. Моделирование разномасштабной циркуляции в северо-западной части Японского моря//Системы контроля окружающей среды. -Севастополь: ИПТС, 2015. -Вып. 2 (22). -С. 65 -73.

Пранц С.В., Пономарев В.И., Будянский М.В. и др. Лагранжев анализ перемешивания и переноса вод в морских заливах//Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т. 49. № 1. С. 91-106.

Файман П. А. Опыт использования диагностических моделей для расчета циркуляции вод Дальневосточных морей Труды ФГБУ «ДВНИГМИ» Выпуск 155

Файман П.А., Пономарёв В.И. Диагностические расчеты циркуляции вод залива Петра Великого по данным экспедиций ДВНИГМИ 2007–2010 гг. Вестник ДВО РАН. 2017. № 6

Яричин В.Г. Некоторые особенности горизонтальных движений вод Японского моря к северу от 40 с.ш. //Труды ДВНИГМИ. -1982.-Вып. 96. -С. 111-120.

Яричин В.Г., Покудов В.В. Формирование структурных особенностей гидрофизических полей в северной глубоководной части Японского моря // Труды ДВНИГМИ. – 1982. – Вып. 96. – С. 82-90

Fayman, P.A., 2003. The currents modeling for Peter the Great Bay on the base of FERHRI survey, 2001. Pacific Oceanography 1, 79-81

Fayman, P.A., Ponomarev, V.I., 2008. Diagnostic simulation of sea currents in the Peter the Great Bay based on FERHRI oceanographic surveys. Pacific Oceanography 4, 56-64

Kim T., Yoon J.-H., (2010) Seasonal variation of upper layer circulation in the northern part of the East/Japan Sea, In Continental Shelf Research, Volume 30, Issue 12, 2010, Pages 1283-1301, ISSN 0278-4343, <https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.04.006>.

Prants S.V., Budyansky M.V., Ponomarev V.I. et al. Lagrangian study of transport and mixing in a mesoscale eddy street // Ocean modeling. 2011. V. 38. № 1–2. P. 114–125

Yoon J.-H., Kim Y.-J. (2009), Review on the seasonal variation of the surface circulation in the Japan/East Sea, In Journal of Marine Systems, Volume 78, Issue 2, 2009, Pages 226-236, ISSN 0924-7963, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.03.003>.