

КРАТКИЕ
СООБЩЕНИЯ

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АНТИЦИКЛОНИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ
С ТЕЧЕНИЕМ СОЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ
ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

© 2011 г. И. А. Жабин*, Н. Б. Лукьянова

Учреждение Российской академии наук Тихоокеанский океанологический институт

им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток

**E-mail: zhabin@poi.dvo.ru*

Поступила в редакцию 15.07.2009 г.

Течение Соя проникает в Охотское море через прол. Лаперуза и распространяется вдоль побережья о-ва Хоккайдо и южных Курильских о-вов как прибрежное пограничное течение. Спутниковые (Landsat TM, NOAA/AVHRR и альтиметрия AVISO) и гидрологические данные были использованы для исследования взаимодействия антициклонических вихрей с течением Соя в южной части Охотского моря. В работе рассматриваются теплые и соленые поперечные струйные течения (стримеры), которые наблюдаются на спутниковых изображениях в районе, прилегающем к южным Курильским о-вам. Поперечные струи распространялись на расстояние 150–300 км от островов, закручиваясь вокруг антициклонических вихрей. Поперечные струи являются эффективным механизмом обмена и перемешивания между водами прибрежного течения Соя и глубоководной частью Охотского моря.

Ключевые слова: течение Соя, стримеры, антициклонический вихрь, спутниковые и гидрологические данные, Охотское море, Курильские о-ва

ВВЕДЕНИЕ

Охотское море отличается исключительным многообразием океанологических процессов, которые протекают в широком диапазоне пространственно-временных масштабов. Общую циркуляцию вод Охотского моря определяют два основных круговорота – циклонический и антициклонический (Морошкин, 1966; Ohshima et al., 2004). Циклонический круговорот занимает центральную и северную части моря. На западной границе этого круговорота выделяется Восточно-Сахалинское течение. В южной части моря наблюдается антициклоническая циркуляция вод. В пределах антициклонического круговорота обычно наблюдается несколько мезомасштабных антициклонических вихрей (АЦВ) диаметром 100–150 км (Булатов и др., 1999; Хен, Муктепавел, 1995; Rogachev, Verkhunov, 1996; Wakatsuchi, Martin, 1991). Кроме этого, в южную часть Охотского моря из Японского моря через прол. Лаперуза в период с марта по ноябрь поступают теплые и высокосолёные воды (прибрежное течение Соя). Воды течения Соя прослеживаются у побережья о-ва Хоккайдо и у южных Курильских о-вов (The Okhotsk Sea..., 1995). По данным океанографических съемок, теплые и соленые воды течения Соя наблюдались в верхнем слое АЦВ (Wakatsuchi, Martin, 1991).

В этой работе было высказано предположение о том, что формирование вихрей связано с адвекцией вод течения Соя от северо-восточного побере-

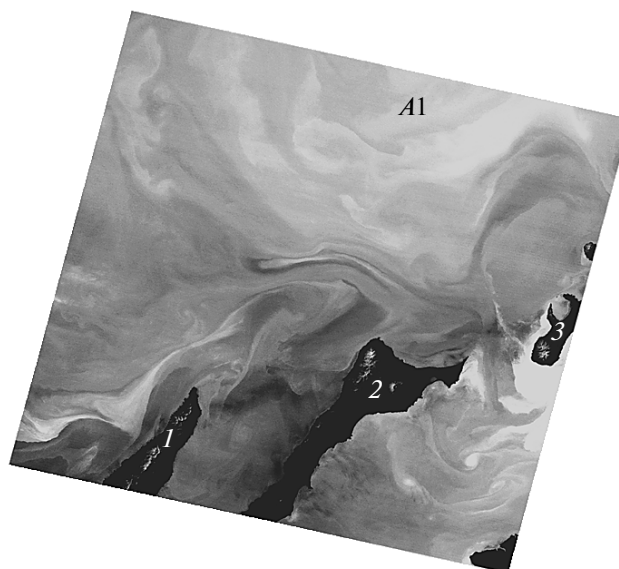


Рис. 1. Изображение юго-восточной части Охотского моря в тепловом диапазоне, полученное 30 августа 1994 г. (спутник Landsat-5, сканер TM). Условные обозначения: 1 – п-ов Сиретоко (о-в Хоккайдо); 2 – о-в Кунашир; 3 – о-в Итуруп. Теплым прибрежным водам соответствует темный тон изображения, холодным водам АЦВ – светлый.

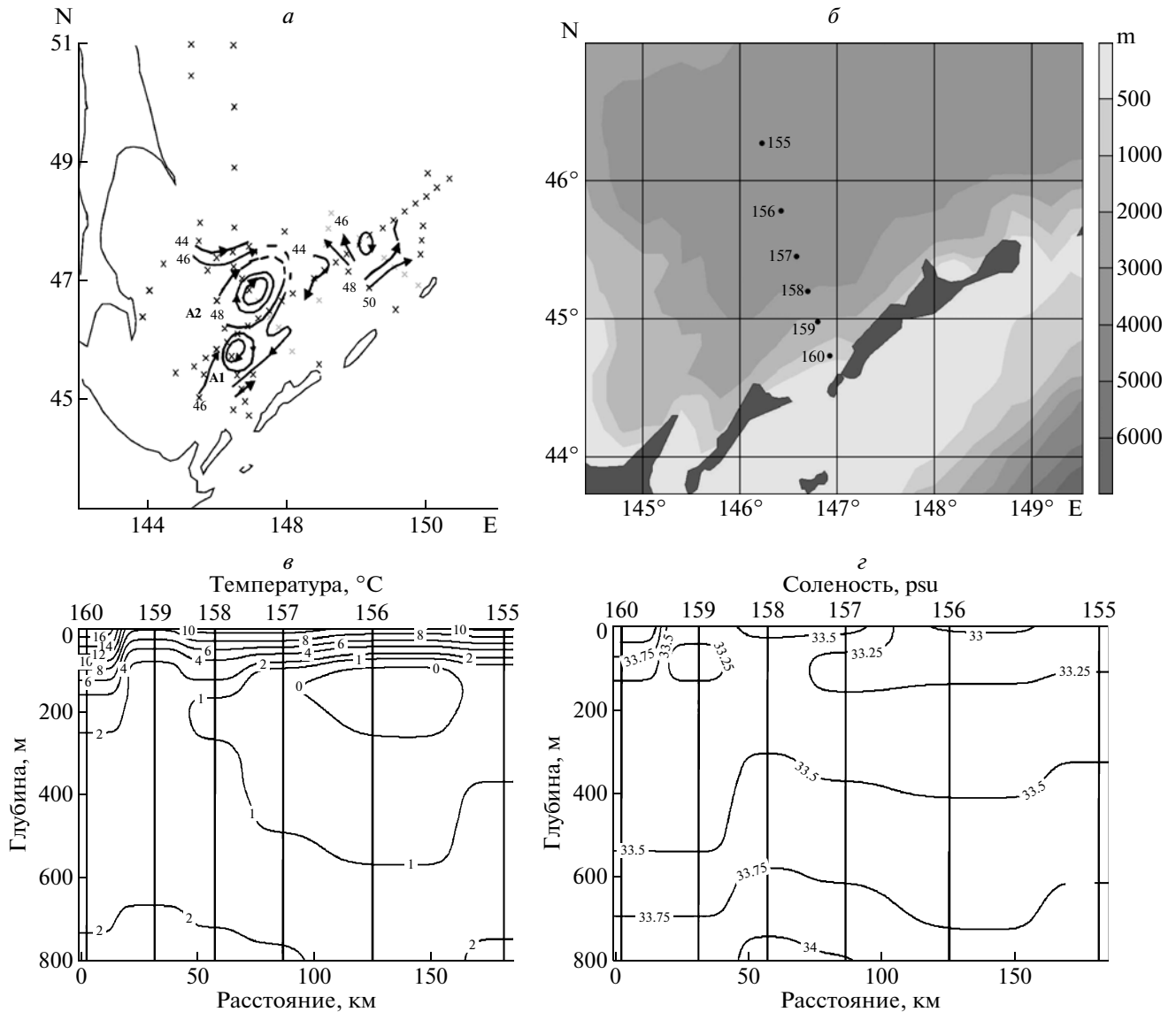


Рис. 2. *a* – Карта динамической топографии на поверхности относительно уровня 1000 дбар; *б* – положение разреза, пересекающего АЦВ южной части Охотского моря; *в* – распределение температуры на этом разрезе; *г* – распределение солёности. В плоскости разреза на периферии вихря видна затяжка теплых и соленых вод течения Соя.

жья о-ва Хоккайдо в центральную часть Курильской глубоководной котловины. Этот сценарий был реализован в численной модели циркуляции южной части Охотского моря (Uchimoto et al., 2007).

В последнее десятилетие систематические океанографические наблюдения в южной части Охотского моря практически не проводились, поэтому спутниковые данные являются основным источником информации, используемой в научных и рыбопромысловых исследованиях. В работе на основе анализа спутниковых данных с привлечением архивных материалов судовых наблюдений рассмотрены особенности термической и динамической структуры вод южной части Охот-

ского моря, при этом основное внимание было направлено на исследование взаимодействия АЦВ Курильской глубоководной котловины с прибрежным течением Соя.

На первом этапе исследований был проведен выборочный анализ информации, полученной в Центре регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в период с 2003 по 2009 г. (спутники серии NOAA, радиометр AVHRR, пространственное разрешение около 1.1 км, <http://www.satellite.dvo.ru/>). Наибольшее количество свободных от облачности ИК-изображений южной части Охотского моря было получено в 2004 г. Кроме этого, в качестве дополнительной информации привлекались карты абсолютных гео-

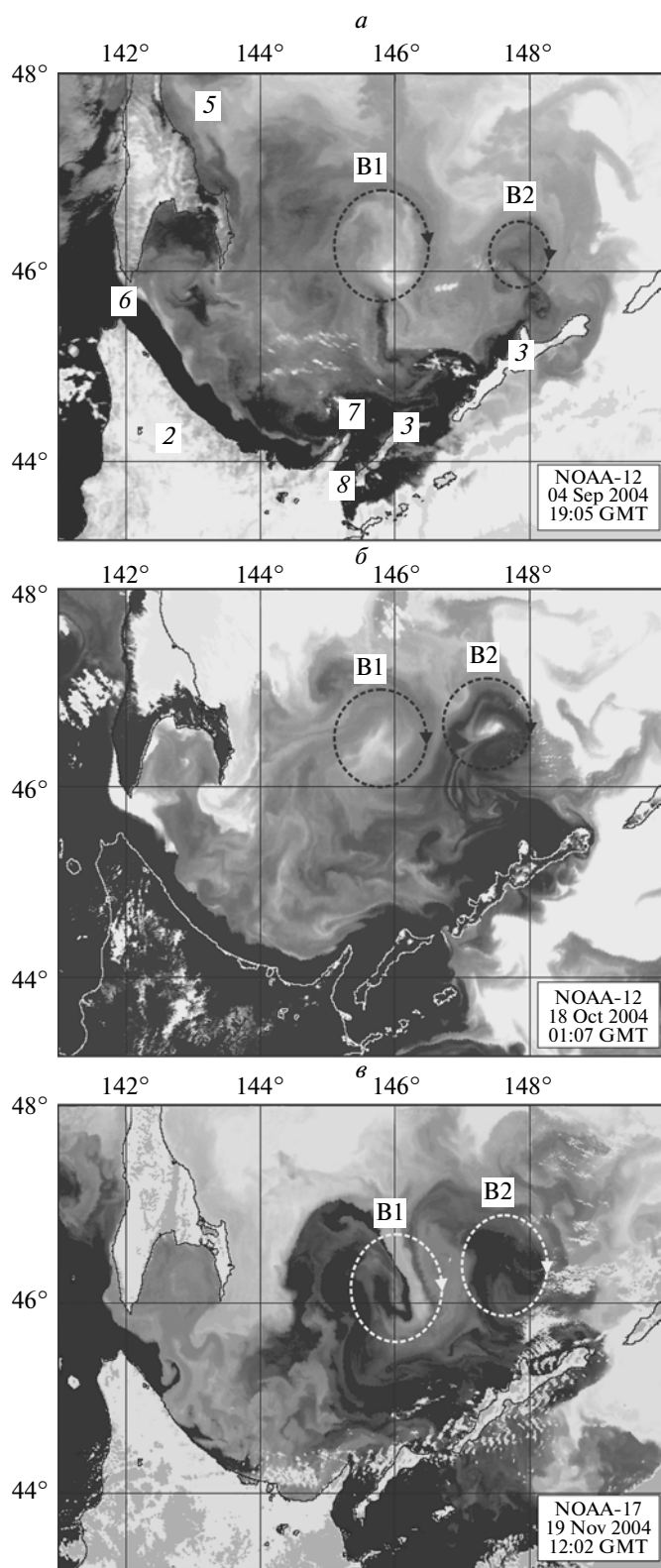


Рис. 3. ИК-изображения южной части Охотского моря, полученные осенью 2004 г. (спутники серии NOAA): *a* – 4 сентября 2004 г.; *б* – 18 октября 2004 г.; *в* – 19 ноября 2004 г. Условные обозначения: 1 – о-в Сахалин; 2 – о-в Хоккайдо; 3 – о-в Кунашир; 4 – о-в Итуруп; 5 – зал. Терпения; 6 – прол. Лаперуза; 7 – м. Сиретоко; 8 – прол. Кунаширский.

строфических течений, построенные по данным спутниковой альтиметрии (спутники Envisat, Jason-1 и GFO, <http://las.aviso.oceanobs.com/las/>). Для исследования структуры вод в юго-восточной части Охотского моря были использованы материалы океанографической съемки, выполненной в рейсе НИС “Академик М.А. Лаврентьев” (август 1994 г.), и спутниковое изображение высокого разрешения (30 августа 1994 г., 23:32 GMT; спутник Landsat-5, сканер ТМ, пространственное разрешение 120 м, <http://glovis.usgs.gov/>), полученное в период проведения этой морской экспедиции.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И ДИНАМИКИ ВОД ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ И СУДОВЫМ ДАННЫМ

Океанографические STD-данные и спутниковая информация дают возможность рассмотреть особенности структуры и динамики вод этого района. На рис. 1 представлен спутниковый снимок участка акватории Охотского моря, прилегающего к южным Курильским о-вам в длинноволновом (термическом) ИК-диапазоне спектра (канал 6 сканера ТМ, спектральный диапазон 10.4–12.5 мкм). Контрасты в поле температуры поверхности моря (ТПМ) позволяют выделить две основные структурные особенности – прибрежное течение Соя (теплые воды у побережья о-вов Хоккайдо, Кунашир и Итуруп) и часть холодного АЦВ, который располагался к северо-западу от о-ва Итуруп. По спутниковым данным, воды течения Соя контактировали с периферией холодного АЦВ. Карта динамической топографии, построенная относительно уровня 1000 дб (рис. 2*a*), и распределение температуры и солёности на разрезе (рис. 2*б–г*) показывают, что центр этого вихря располагался вблизи 45°47' с.ш., 146°25' в.д. (ст. 156, вихрь A1). Разрез, пересекающий вихрь A1 (рис. 2*б–г*), был выполнен 28 августа 1994 г. По данным гидрологического разреза вихрь имел холодное, распресненное ядро в промежуточном слое. Это показывает, что вихрь сформировался в зимний период. На первой из станций разреза (ст. 160) в верхнем 120-метровом слое прослеживаются солёные и теплые воды течения Соя. На границе течения (ст. 159) в поверхностном и подповерхностном слоях наблюдались более холодные и распресненные воды. На разрезе видно, что солёные ($S > 33.5$) и теплые ($T > 10^{\circ}\text{C}$) модифицированные воды течения Соя присутствуют в верхнем слое на южной периферии вихря A1 (ст. 158). Таким образом, как спутниковые, так и гидрологические данные показывают, что в результате взаимодействия прибрежного течения Соя с АЦВ теплые и солёные воды по периферии вихревого образования могут поступать в южную глубоководную часть Курильской котловины.

На карте динамической топографии (рис. 2а) можно выделить еще один вихрь с центром, расположенным вблизи 46°56' с.ш., 146°56' в.д. (А2). Вихрь А2 характеризовался высокими значениями температуры и солености в слое охотоморских промежуточных вод. Это позволяет сделать вывод о том, что ядро вихря включало в себя модифицированные промежуточные воды тихоокеанского происхождения, поступающие в Охотское море через глубоководные Курильские проливы.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АНТИЦИКЛОНИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ С ПРИБРЕЖНЫМ ТЕЧЕНИЕМ СОЯ

Летний радиационный прогрев сглаживает термические контрасты на поверхности моря, поэтому взаимодействие течения Соя с АЦВ в южной части Охотского моря будет рассмотрено на основе анализа спутниковых ИК-изображений, полученных в осенний период (рис. 3). В начале сентября 2004 г. в поле ТПМ (рис. 3а) выделялись два вихря, центры которых были расположены вблизи точек с координатами 46°15' с.ш., 146°00' в.д. (вихрь В1) и 46°10' с.ш., 147°50' в.д. (вихрь В2). Более теплые воды течения Соя занимали прибрежную зону у побережья о-ва Хоккайдо, Кунаширский прол., область шельфа и склона у охотоморского побережья о-вов Кунашир и Итуруп. На снимке видно, что поступление вод течения Соя от о-ва Итуруп в южную часть Курильской глубоководной котловины происходило по периферии вихря В2. Смещение этого вихря в северо-западном направлении способствовало адвекции вод течения Соя от Курильских о-вов в глубоководную часть моря (рис. 3б). В ноябре (рис. 3в) охлаждение поверхностного слоя и конвективно-ветровое перемешивание приводят к усилению термических контрастов и позволяют уверенно идентифицировать “следы” адвекции вод течения в южной части Курильской котловины. На ИК-изображении видно, что адвекция идет от о-ва Итуруп, а не от м. Сиретоко (северо-восточная оконечность о-ва Хоккайдо), как это показали результаты модельных расчетов (Uchimoto et al., 2007). Карта векторов абсолютных геострофических течений, построенная по данным спутниковой альтиметрии (рис. 4), подтверждает этот вывод. Воды течения Соя захватываются АЦВ и поступают в область глубоководной котловины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спутниковая информация в настоящее время является одним из наиболее эффективных средств исследования мезомасштабных процессов в океане. Спутниковые данные позволили рассмотреть взаимодействие прибрежного течения Соя с АЦВ южной части Охотского моря. В период максимально-

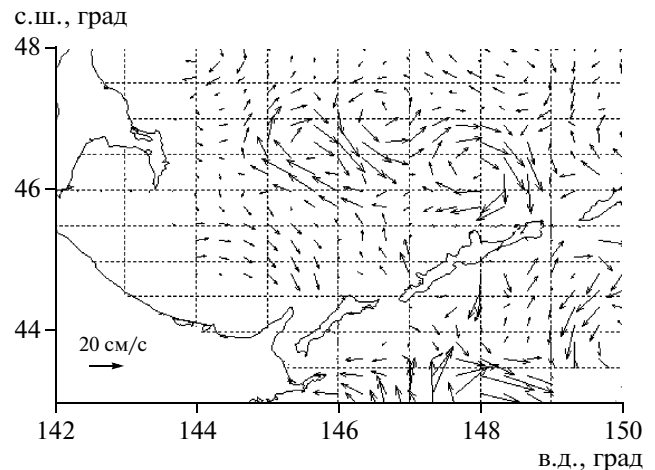


Рис. 4. Карта абсолютных геострофических течений, построенная по данным спутниковой альтиметрии AVISO для 10 ноября 2004 г.

го развития течения Соя (август–сентябрь) теплые и соленые воды занимают зону шельфа и склона с охотоморской стороны о-ва Кунашир и о-ва Итуруп. Из этой зоны воды течения в виде поперечных струй (стримеров) по периферии АЦВ попадают в центральную часть Курильской котловины. Поперечные струи прослеживались на расстоянии 150–300 км от побережья островов, закручиваясь вокруг АЦВ. В целом взаимодействие вихрей с прибрежной циркуляцией, при котором формируются поперечные струи, является эффективным механизмом обмена между водами области шельфа и открытой части Охотского моря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Булатов Н.В., Куренная Л.А., Муктепавел Л.П. и др. Вихревая структура вод южной части Охотского моря и ее сезонная изменчивость (результаты спутникового мониторинга) // Океанология. 1999. Т. 39. № 1. С. 36–45.
 Морозкин К.В. Водные массы Охотского моря. М.: Наука, 1966. 67 с.
 Хен Г.В., Муктепавел Л.П. Исследование вихрей в юго-западной части Охотского моря по данным спутников серии «Метеор» // Исслед. Земли из космоса. 1995. № 4. С. 76–79.
 Ohshima K.I., Simizu D. et al. Sverdrup balance and the cyclonic gyre in the Sea of Okhotsk // J. Phys. Oceanogr. 2004. V. 34. № 2. P. 513–525.
 Rogachev K.A., Verkhunov A.V. Circulation and water mass structure in the southern Okhotsk Sea, as observed in summer, 1994 // PICES Sci. Rep. № 6. 1996. P. 144–149.
 The Okhotsk Sea and Oyashio region // PICES Sci. Rep. № 2. 1995. 227 p.
 Uchimoto K., Mitsudera H., Ebuchi N., Miyazawa Y. Anticyclonic eddy caused by the Soya Warm Current in an Okhotsk OGCM // J. Oceanogr. 2007. V.63. № 3. P. 379–391.
 Wakatsuchi M., Martin S. Water circulation in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea and its relation to eddy formation // J. Oceanogr. Soc. Japan. 1991. V. 47. P. 152–168.

The Interaction of Anticyclonic Eddies with Soya Current in the Southern Sea of Okhotsk According to Satellite Data

I. A. Zhabin, N. B. Luk'yanova

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok

Soya Current enters into the Sea of Okhotsk through La Perouse Strait and flows along the Hokkaido coast and southern Kuril Islands as a coastal boundary current. Satellite (Landsat TM, NOAA/AVHRR and AVISO altimetry) and hydrographic data were used to describe interaction of the eddy field with the Soya Current in the southern Sea of Okhotsk. This work is focused mainly in the warm and salt Soya Current filaments (streamers) observed in satellite images around the southern Kuril Islands. The warm Soya Current waters swirling around anticyclonic eddies. Several mesoscale filaments were distinguishable at distances 150–300 km from the coast. Formation of the filaments significantly increased the mixing and exchange between coastal current and deep – sea waters.

Key words: Soya Current, streamers, anticyclonic eddies, satellite and hydrographic data, Sea of Okhotsk, Kuril Islands