# \_\_\_\_\_ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ \_\_ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ СОЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

## © 2022 г. А. Г. Андреев\*

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, Владивосток, Россия \*E-mail: andreev@poi.dvo.ru Поступила в редакцию 24.05.2021 г.

Течение Соя формируется трансформированными субтропическими водами Цусимского течения, поступающими из Японского моря через пролив Лаперуза, распространяется вдоль северного побережья о-ва Хоккайдо и поступает в Тихий океан через проливы Екатерины и Кунашир. Проведен анализ спутниковых данных (1993–2019 гг.) по уровню моря, скорости геострофических течений, температуры поверхностных вод и концентрации хлорофилла в южной части Охотского моря, в зоне пролива Лаперуза (Японское море) и в южном прикурильском районе Тихого океана. Установлено, что увеличение разности уровня моря между Японским морем и Тихим океаном приводит к усилению течения Соя. Основной вклад в изменение разности уровня между Тихим океаном и Японским морем в осенний период вносят антициклонические вихри и меандры Субарктического фронта в Тихом океане. Увеличение (снижение) проникновения трансформированных субтропических вод через пролив Лаперуза сопровождается повышением (понижением) температуры поверхностного слоя вод в южной части Охотского моря (r = 0.67, 2000-2019 гг.) и понижением (повышением) концентрации хлорофилла в прикурильском районе Тихого океана (r = -0.70, 1998-2019 гг.) в сентябре–октябре.

*Ключевые слова:* уровень моря, температура морской воды, концентрация хлорофилла, течение Соя, Охотское море

DOI: 10.31857/S0205961422010031

#### введение

Прибрежное течение Соя в южной части Охотского моря формируется трансформированными субтропическими водами Цусимского течения, поступающими из Японского моря через пролив Лаперуза (рис. 1). В качестве движущей силы течения рассматривается разность уровней моря между Японским и Охотским морями (Ohshima et al., 2017). В период максимального развития течения Соя (август-октябрь) теплые и соленые воды прослеживаются у побережья о-ва Хоккайдо и у южных Курильских островов (The Okhotsk Sea..., 1995). Из зоны южных Курильских островов воды течения Соя могут проникать в центральную часть Курильской котловины Охотского моря в виде поперечных струй (стримеров) по периферии антициклональных вихрей (Жабин, Лукьянова, 2011). Теплые воды Соя обеспечивают многообразие морских биоресурсов в зоне южных Курильских островов (Буслов, 2013). Охлаждение высокосоленых вод течения Соя в зимний период приводит к прямой вентиляции глубинных вод и повышению концентрации растворенного кислорода в промежуточном слое Охотского моря (Андреев, Жабин, 2000).

В данной работе проведен анализ спутниковых данных по уровню моря, скорости геострофических течений, температуре вод и концентрации хлорофилла в южной части Охотского моря, в зоне пролива Лаперуза (Японское море) и в южном прикурильском районе Тихого океана. Показано влияние вод течения Соя на температуру поверхностного слоя вод и концентрацию хлорофилла в исследуемом районе в осенний период.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наши исследования основываются на информации по уровню моря и скоростям геострофических течений с пространственным разрешением 0.25 на 0.25 град (для исследуемого района: ~30 км по долготе и ~20 км по широте) и временным разрешением 1 день, полученной по данным спутниковых измерений (база данных "Коперникус", http://marine.copernicus.eu) с 1993 по 2019 г. Объединенный массив "Коперникус" включает в себя корректированные альтиметрические данные, полученные со спутников Cryosat-2, Jason-1, Jason-2, Envisat, TOPEX/Poseidon, GFO-1, ERS-1 и ERS-2. Для коррекции альтиметрических данных применяется глобальная приливная модель. По-



**Рис. 1.** Схема течений в исследуемом районе. I–IV – зоны, где исследовалось изменение уровня моря (SSH); пр. Ю.-К. – пролив Южно-Курильский, пр. Кун. – пролив Кунаширский.

правки на изменения уровня моря, вызванные изменением атмосферного давления, рассчитываются по уравнению обратного барометра. При расчете геострофических течений используется средняя динамическая топография океана MDT CNES-CLS-09. Величина ошибки спутниковых данных по уровню моря (SSH) составляет 1–2 см на расстоянии, превышающем 20 км от берега (Ablain et al., 2015).

При анализе пространственно-временной изменчивости температуры поверхностных вод (SST) использованы спутниковые снимки с пространственным разрешением 1 км, полученные с сайта GHRSST (Group for High Resolution Sea Surface Temperature) (PO.DAAC – GHRSST Level 4 MUR Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis). Данные GHRSST основываются на спутниковых данных, полученных с микроволнового сканирующего радиометра EOS (AMSR-E), микроволнового радиометра WindSat и спектрорадиометра MODIS Aqua/Terra. Для нахождения связи между поступлением трансформированных субтропических вод через пролив Лаперуза и температурой поверхностного слоя вод в южной части Охотского моря использовались SST данные Центра диагностики климата (http://www.esrl.noaa.gov) с пространственным разрешением 1.9 на 1.9 град

(~220 км по долготе и ~150 км по широте). Наблюдалось хорошее согласие между SST данными Центра диагностики климата и GHRSST. По данным Центра диагностики климата температура поверхностного слоя вод в зоне (44.8-46.7 °N, 142.5-144.4 °E) была равна 9.9°C (12.7°C) в середине октября 2017 г. (2018 г.). По данным GHRSST в середине октября 2017 г. (2018 г.) температура вод была равна 9.2°С (12.0°С) в центре и 10.3°С (13.0°С) по краям зоны. При анализе пространственно-временной изменчивости концентрации хлорофилла использованы данные спутникового спектрорадиометра MODIS Aqua/Terra с пространственным разрешением 4 км (http://oceancolor.gsfc.nasa.gov).

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ УРОВНЯ МОРЯ И СКОРОСТИ ГЕОСТРОФИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ

В исследуемом районе наибольшая внутригодовая изменчивость уровня моря (SSH) наблюдалась в Японском море к западу от пролива Лаперуза (16 см, 1993–2019 гг.), а наименьшая в юго-восточной части Охотского моря и в Южно-Курильском районе Тихого океана (7 см) с минимальные (максимальными) величинами SSH в марте–апреле (августе–октябре) (рис. 2, *a*). Значительное повышение SSH в Японском море в августе–октябре сопровождалось увеличением скорости геострофических течений в зоне пролива Лаперуза (45.4°–46.1° N, 141.6°–141.9° Е) (рис. 2,  $\delta$ ). В октябре–декабре под воздействием ветров северных румбов усиливается, направленное на юг вдоль восточного побережья о-ва Сахалин, Восточно-Сахалинское течение, переносящее воды Амурского лимана с низкой соленостью и плотностью (Андреев, 2017). Это приводит к повышению SSH в юго–западной части Охотского моря (рис. 2, *a*).

Теплые воды Соя (SST = 14-18°С) наблюдались вблизи северного побережья о-ва Хоккайло и в зоне южных Курильских островов в сентябреоктябре 2019 г. (рис. 3, *a*, 3, *б*). В ноябре 2019 г. поступление вод Восточно-Сахалинского течения в южную часть Охотского моря значительно понизило SST вблизи северного побережья о-ва Хоккайдо до 2-4°С (рис. 3, в). В октябре-ноябре 2019 г. воды Соя проникали из зоны южных Курильских островов в центральную часть Курильской котловины Охотского моря по южной периферии антициклонических вихрей, центры которых были расположены вблизи точек с координатами 46.3° с.ш., 147.4° в.д. и 46.0° с.ш., 144.6° в.д. На границе теплых вод Соя и холодных вод Восточно — Сахалинского течения наблюдалась грибовидная структура вод (рис. 3, в). Зона "гриба" характеризовалась повышенной SST (8-9°С) и пониженным SSH (30-33 см). Вблизи границ грибовидной структуры наблюдались холодные воды (SST =  $2-3^{\circ}$ C) с SSH равными 43–50 см. Из-за значительных горизонтальных градиентов SSH, скорости геострофических течений на западной, северной и южной периферии грибовидной структуры вод достигали 25 см/с. Ранее наличие грибовидных структур в южной части Охотского моря по данным спутниковых снимках в видимом диапазоне, рассматривая в качестве трассера лед, было показано в работе (Гинзбург, Федоров, 1994).

Анализ спутниковых данных показал, что скорости геострофических течений (U) в зоне пролива Лаперуза в осенний период определяются разностью в SSH между Японским морем и южным прикурильским районом Тихого океана (SSH (Яп. море) – SSH (Тихий океан)). Для сентября (рис. 2, *в*) и октября коэффициент корреляции между U и SSH (Яп. море) – SSH (Тихий океан) равен соответственно 0.67 и 0.60 (1993–2019 гг.).

Межгодовые изменения в разности уровня моря между Японским морем и Тихим океаном в сентябре и октябре, в основном, определяются изменениями SSH в Тихом океане (рис. 2, *в*). Для сентября—октября SSH в Японском море, юго-восточной части Охотского моря и в прикурильском районе Тихого океана был равен соответственно  $12.1 \pm 3.9$  (std) см,  $6.5 \pm 3.2$  см и  $7.9 \pm 7.0$  см (1993—2019 гг.). Стандартное квадратичное отклонение SSH в Тихом океане значительно выше, чем в Японском море и юго-восточной части Охотского моря.

Межгодовые изменения SSH в прикурильском районе Тихого океана были обусловлены меандрами Субарктического фронта и антициклоническими вихрями (АЦ), мигрирующими вдоль восточного побережья о-ва Хоккайдо и южных Курильских островов (Kusakabe et al., 2002). Meандры и АЦ вихри повышают SSH (рис. 4, б) и SST (рис. 5,  $\delta$ ) вблизи восточного побережья о-ва Хоккайдо и в зоне южных Курильских проливов (42-44° N, 144-148° Е) и, как следствие, понижают разность уровней моря между Японским морем и Тихом океаном, что уменьшает приток субтропических трансформированных вод в Охотское море. В сентябре-октябре 2014-2017 гг. АЦ вихри и меандры Субарктического фронта (высокие величины SSH) (рис. 4, б) блокировали вдоль склоновое течение Ойясио, переносящее воды прикурильского района Тихого океана с низкими величинами SST в юго-западном направлении (рис. 5, а), и способствовали появлению северовосточного потока вод (положительные величины меридиональной и зональной компоненты геострофических течений) (рис. 4, в) вдоль восточного склона о-ва Хоккайдо. Это привело к повышению SST в зоне южных Курильских островов осенью 2014 г. (рис. 5, б).

#### ВЛИЯНИЕ ТЧЕНИЯ СОЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ХЛОРОФИЛЛА И ТЕМПЕРАТУРУ ВОД

Трансформированные субтропические воды течения Соя характеризуются повышенной температурой и низкими концентрациями биогенных элементов (азота, фосфора и кремния) (Андреев, Жабин, 2000). Увеличение/уменьшение притока вод течения Соя должно повышать/понижать температуру вод и снижать/увеличивать концентрацию хлорофилла (показатель биомассы автотрофного планктона) в южной части Охотского моря и в зоне южных Курильских островов в осенний период. На рис. 6, а показаны межгодовые изменения скорости геострофических течений в зоне пролива Лаперуза и концентрации хлорофилла в зоне южных Курильских островов в сентябре. Повышение/снижение разности SSH между Японским морем и Тихим океаном и, как следствие, увеличение/уменьшение притока субтропических трансформированных вод через пролив Лаперуза в Охотское море и из Охотского моря в Тихий океан приводит к уменьшению концентрации хлорофилла в южном прикурильском районе Тихого океана (r = -0.70, 1998–2019 гг.).



**Рис. 2.** a – внутригодовая изменчивость SSH по данным AVISO (1993–2019 гг.): 1 – Японское море (западнее пр. Лаперуза), 2 – Тихий океан (хона течения Ойясио), 3 и 4 – юго-восточная и юго-западная части Охотского моря (рис. 1);  $\delta$  – внутригодовая изменчивость зональной составляющей скорости геострофических течений (U) в зоне пролива Лаперуза; a – межгодовая изменчивость U в зоне пролива Лаперуза, SSH в Тихом океане и разности SSH между Японским морем и Тихим океаном в сентябре: 1 - U, 2 - SSH, 3 - разность SSH.



**Рис. 3.** a-e – распределение температуры в поверхностном слое вод по данным GHRSST в сентябре, октябре и ноябре 2019 г. Холодным водам соответствует синий цвет, теплым водам – красный. Диапазон температур: 5°–20°С (a,  $\delta$ ), 0°–15°С (a). Красной пунктирной линии выделены антициклонические вихри.



**Рис. 4.** *а*, *б* – распределение SSH в сентябре–октябре 2003 г. и в сентябре–октябре 2014 г.; межгодовые изменения SSH, меридиональной (V) и зональной (U) составляющих геострофических течений в Тихом океане вблизи восточного побережья о. Хоккайдо (район выделен на рис. 4, *a*): *1* – SSH, *2* – V, *3* – U.

Увеличение поступления вод через пролив Лаперуза в сентябре—октябре повышает SST в южной части Охотского моря в октябре (r = 0.67, 2000-2019 гг.) (рис. 6,  $\delta$ ). В периоды повышенных величин SSH вблизи восточного побережья Хоккайдо и южных Курильских островов (2014—2017 гг.) (рис. 4, s) наблюдались повышенные концентрации хлорофилла (1,4 мкг/л) в южном прикурильском районе Тихого океана в сентябре (рис. 6, a) и низкая SST в южной части Охотского моря (10°С) в октябре (рис. 6,  $\delta$ ).

Мезомасштабная циркуляция вод оказывает влияние на распределение вод течения Соя в южной части Охотского моря. Согласно результатов (Жабин, Лукьянова, 2011), воды течения Соя проникают в область Курильской котловины Охотского моря из зоны южных Курильских островов в виде поперечных струй (стримеров) по периферии антициклональных вихрей. Распределения SST и карты векторов абсолютных геострофических течений (рис. 7, a-e), построенные по данным спутниковой альтиметрии, подтверждает этот вывод для конца сентября 2010 г. (рис. 7,  $\delta$ ). В этот период времени воды течения Соя проникали в область глубоководной котловины от южных Курильских островов вдоль южной периферии антициклонических вихрей. В сентябре 2003 г. (рис. 7, a) воды Соя поступали от северо-восточ-



**Рис. 5.** *а*,  $\delta$  – распределение температуры в поверхностном слое вод по данным GHRSST в октябре 2003 г. и октябре 2014 г. Диапазон температур: 5°–16°C.

ной оконечности о-ва Хоккайдо в северном направлении и затем захватывались АЦ вихрем с центром расположенным вблизи точки с координатами 45.8° с.ш., 145.3° в.д. В этот период зона южных Курильских островов со стороны Охотского моря характеризовалась циклонической циркуляцией вод и низкими значениями SST  $(10-12^{\circ}C)$ .

В конце сентября 2014 г. (рис. 7, *в*) адвекция вод Соя шла от северо-восточной оконечности ова Хоккайдо в северо — восточном направлении вдоль юго-восточной периферии мезомасштаб-



**Рис. 6.** *а* – межгодовые изменения концентрации хлорофилла в южном прикурильском районе Тихого океана (43°–44° с.ш., 146°–147° в.д.) и скорости геострофических течений (U) в зоне пролива Лаперуза в сентябре: *1* – концентрация хлорофилла, *2* – U; *б* – межгодовые изменения SST в южной части Охотского моря (44.8°–46.7° с.ш., 142.5°–144.4° в.д.) в октябре и скорости геострофических течений (U) в зоне пролива Лаперуза в сентябре – октябре: *1* – SST, *2* – U.

ного циклонического круговорота вод с центром расположенным вблизи точки с координатами 45.8° с.ш., 145.3° в.д.

Наблюдалась зависимость мезомасштабной циркуляции вод в южной части Охотского моря  $(45^{\circ}-46^{\circ}$  с.ш.,  $145^{\circ}-146^{\circ}$  в.д.) от разности в SSH между Японским морем и Тихим океаном. Уменьшение разности в SSH сопровождалось формированием циклонической циркуляции вод (2005 г., 2012–2017 гг.), с отрицательными зональными скоростями течений на северной периферии (46° с.ш.) и положительными скоростями на южной периферии (45° с.ш.) мезомасштабной циркуляционной ячейки (рис. 7, *в*). Повышение разности в SSH и, как следствие, увеличение по-

ступления вод через пролив Лаперуза сопровождалось формированием мезомасштабной антициклонической циркуляции вод (2003, 2010, 2018 гг.), что согласуется с результаты модельных расчетов (Uchimoto et al., 2007).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ спутниковых данных (1993– 2019 гг.) по уровню моря, скорости геострофических течений, температуры поверхностных вод и концентрации хлорофилла в южной части Охотского моря, в зоне пролива Лаперуза (Японское море) и в южном прикурильском районе Тихого океана. Увеличение разности уровня моря между Японским морем и Тихим океаном приводит к



**Рис.** 7. *а*–*в* – поле поверхностных геострофических течений по данным AVISO и распределение SST (8°–19°С) в сентябре 2003 г., сентябре 2010 г. и сентябре 2014 г.; *г* – межгодовые изменения зональной составляющей геострофических течений (U) в южной части Охотского моря и разности SSH между Японским морем и Тихим океаном в сентябре: 1 - U (45.1° с.ш., 145.1°–145.4° в.д.), 2 - U (46.1° с.ш., 145.1°–145.4° в.д.), 3 - разность SSH.

усилению течения Соя осенью. Основной вклад в изменение разности уровня между Тихим океаном и Японским морем в осенний период вносят антициклонические вихри и меандры Субарктического фронта в Тихом океане.

Распределение вод Соя в южной части Охотского моря определяется мезомасштабной циркуляшией вод. Увеличение/уменьшение разности уровня моря между Японским морем и Тихим океаном сопровожлалось формированием мезомасштабной антициклонической/циклонической циркуляции вод в южной части Охотского моря (45°-46° с.ш., 145°–146° в.д.). Увеличение (снижение) проникновения трансформированных субтропических вод через пролив Лаперуза приводит к повышению (понижению) температуры поверхностного слоя вол в южной части Охотского моря (*r* = 0.67, 2000–2019 гг.) и понижению (повышению) концентрации хлорофилла в прикурильском районе Тихого океана (r = -0.70, 1998—2019 гг.) в сентябре-октябре.

#### ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения госбюджетной темы НИРТОИ ДВО РАН (АААА-А17-117030110038-5).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Андреев А.Г.* Мезомасштабная циркуляция вод в районе Восточно- Сахалинского течения (Охотское море) // Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 3–12. Андреев А.Г., Жабин И.А. Распределение фреонов и растворенного кислорода в промежуточных водах Охотского моря //Метеорология и гидрология. 2000. № 1. С. 61–69.

*Буслов А.В.* Промысел биоресурсов в водах Курильской гряды: современная структура, динамика и основные элементы. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 2013. 264 с.

*Гинзбург А.И., Федоров К.Н.* Некоторые закономерности развития грибовидных течений в океане, выявленные путем анализа спутниковых изображений // Исслед. Земли из космоса. 1984. № 6. С. 3–13.

Жабин И.А., Лукьянова Н.Б. Взаимодействие антициклонических вихрей с течением Соя в южной части Охотского моря по данным спутниковых наблюдений// Исслед. Земли из космоса. 2011. № 1. С. 86–90.

*Ablain M., Cazenave A., Larnicol G. et al.* Improved sea level record over the satellite altimetry era (1993–2010) from the Climate Change Initiative project // Ocean Sci. 2015. V. 11. P. 67–82.

*Kusakabe M., Andreev A., Lobanov V. et al.* The effects of the anticyclonic eddies on the water masses, chemical parameters and chlorophyll distributions in the Oyashio Current region // J. Oceanography. 2002. V. 58. P. 691–701.

The Okhotsk Sea and Oyashio region // PICES Sci. Rep.  $\mathbb{N}_{2}$  2. 1995. 227 p.

*Ohshima K. I., Simizu D., Ebuchi N., Morishima S., Kashiwase H.* Volume, Heat, and Salt Transports through the Soya Strait and Their Seasonal and Interannual Variations // J. Phys. Ocean. 2017. V. 47. P. 999 1019.

*Uchimoto K., Mitsudera H., Ebuchi N., Miyazava Y.* Anticyclonic eddy caused by the Soya Warm Current in an Okhotsk OGCM // J. Oceanogr. 2007. V. 63. № 3. P. 379–391.

# Study of the Soya Current in the Southern Part of the Okhotsk Sea by Satellite Data

#### A. G. Andreev

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

The Soya Current, carrying transformed subtropical waters, inflow to the Okhotsk Sea from the Japan Sea through the La Perouse (Soya) Strait, extends along the northern coast of Hokkaido and enters the Pacific Ocean through the Catherine and Kunashir straits. The analysis of satellite data on sea level, geostrophic currents, seawater temperature and chlorophyll concentration in the southern Okhotsk Sea, in the La Perouse Strait area (Japan Sea) and in the southern Kuril region of the Pacific Ocean is carried out. It has been established that an increase in sea level between the Japan Sea and the Pacific Ocean leads to an intensification of the Soya current. It is shown that the main contribution to the change in the sea level difference between the Pacific Ocean and the Japan Sea in fall is due to an appearance of anticyclonic eddies and meanders of the Subarctic front in the Pacific Ocean. An increase (decrease) in the penetration of Soya Current water through the La Perouse Strait is accompanied by an increase (decrease) in the temperature of the surface water in the southern Okhotsk Sea and a decrease (increase) in the chlorophyll concentration in the southern Kuril region of the Pacific Ocean in September–October.

Keywords: sea surface height, seawater temperature, chlorophyll concentration, Soya current, Okhotsk Sea

### REFERENCES

Ablain M., Cazenave A., Larnicol G. et al. Improved sea level record over the satellite altimetry era (1993–2010) from the

Climate Change Initiative project // Ocean Sci. 2015. V. 11. P. 67–82.

Andreev A.G. Mezomasshtabnaya tsirkulyatsiya vod v raione Vostochno-Sakhalinskogo techeniya (Okhotskoe more) [Mesoscale water circulation in the East Sakhalin Current (Sea of Okhotsk)] // Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2017.  $\mathbb{N}$  2. P. 3–12. (In Russian).

*Buslov A. V.* Promysel bioresursov v vodakh Kuril'skoy gryady: sovremennaya struktura, dinamika i osnovnyye elementy [Fishing of biological resources in the waters of the Kuril ridge: modern structure, dynamics and basic elements]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. 2013. 264 p.

*Ginzburg A.I., Fedorov K.N.* Nekotoryye zakonomernosti razvitiya gribovidnykh techeniy v okeane, vyyavlennyye putem analiza sputnikovykh izobrazheniy [Some regularities in the development of mushroom currents in the ocean, identified by analyzing satellite images] // Issledovaniye Zemli iz kosmosa. 1984.  $\mathbb{N}$  6. P. 3–13. (In Russian)

*Kusakabe M., Andreev A., Lobanov V. et al.* The effects of the anticyclonic eddies on the water masses, chemical parameters and chlorophyll distributions in the Oyashio Current region // J. Oceanography. 2002. V. 58. P. 691–701.

The Okhotsk Sea and Oyashio region // PICES Sci. Rep.  $N_{2}$  2. 1995. 227 p.

*Ohshima K. I., Simizu D., Ebuchi N., Morishima S., Kashiwase H.* Volume, Heat, and Salt Transports through the Soya Strait and Their Seasonal and Interannual Variations // J. Phys. Ocean. 2017. V, 47. P. 999–1019.

Uchimoto K., Mitsudera H., Ebuchi N., Miyazava Y. Anticyclonic eddy caused by the Soya Warm Current in an Okhotsk OGCM // J. Oceanogr. 2007. V. 63. № 3. P. 379–391.

Zhabin I.A., Luk'yanova N.B. Vzaimodeystviye antitsiklonicheskikh vikhrey s techeniyem Soya v yuzhnoy chasti Okhotskogo morya po dannym sputnikovykh nablyudeniy [Interaction of anticyclonic eddies with the Soya Current in the southern part of the Sea of Okhotsk according to satellite observations] // Issledovaniye Zemli iz kosmosa. 2011. № 1. P. 86–90.