ИССЛЕДОВАНИЕ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА, 2023, № 4, с. 42–51

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗЕМЛЕ

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА И СТОКА РЕКИ ЮКОН НА ВОДООБМЕН МЕЖДУ БЕРИНГОВЫМ И ЧУКОТСКИМ МОРЯМИ

© 2023 г. А. Г. Андреев[a], *, И. И. Пипко[a]

[a] *Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, Владивосток, Россия*

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

Поступила в редакцию 28.11.2022 г.

Проведен анализ водообмена между Беринговым (Тихий океан) и Чукотским (Северный Ледовитый океан) морями в летний период с использованием спутниковых данных по уровню моря, геострофическим течениям и данных измерений расхода вод в Беринговом проливе. Показано, что наблюдается хорошее согласие ($r = 0.85$, июль–октябрь 1997–2019 гг.) между скоростями геострофических течений (спутниковые данные) и измерениями переноса вод (данные буйковых станций) через Берингов пролив. Установлено, что временная изменчивость расхода вод через Берингов пролив определяется вариациями уровня моря в южной части Чукотского моря (66°–68° N, 170°–172° W). Усиление ветров восточных (западных) румбов сопровождается снижением (повышением) уровня моря в южной части Чукотского моря и, как следствие, увеличением (уменьшением) поступления вод через Берингов пролив. Увеличение (уменьшение) стока р. Юкон сопровождается повышением (снижением) уровня моря и изменениями в циркуляции вод в северной части Берингова моря и Чукотском море.

Ключевые слова: спутниковые данные, уровень моря, геострофические течения, температура вод, река Юкон, Берингово море, Чукотское море

DOI: 10.31857/S0205961423040024, **EDN:** XKRIXG

ВВЕДЕНИЕ

Берингов пролив соединяет Чукотское море (Северный Ледовитый океан) с Беринговым морем (Тихий океан). Наименьшая ширина Берингова пролива составляет 82 км, средняя (наибольшая) глубина равна 50 (90) м. Перенос вод через Берингов пролив (приблизительно 1 Св, 10^6 м^3/с) определяется разницей в уровне моря (SSH) между северной частью Тихого океана и Северным Ледовитым океаном (Aagaard et al., 2006). Наибольший расход вод через пролив наблюдается в летние месяцы (1.1–1.4 Св) (Peralta-Ferriz, Woodgate, 2017). Измерения с использованием буйковых станций в Беринговом проливе в период с 1990 по 2019 г. выявили увеличение переноса вод (~0.01 Св/год) и рост среднегодовой температуры вод (~0.05°С/год) с более значимыми изменениями температуры (~0.1°С/год) в июне/июле (Woodgate, Peralta-Ferriz, 2021). В работе (Peralta-Ferriz, Woodgate, 2017) было предложено, что изменчивость уровня в Восточно-Сибирском море, соединяющимся с Чукотским морем проливом Лонга (рис. 1), – это один из основных факторов, приводящих к вариациям в переносе вод через Берингов пролив в летний период. Ветра восточных (западных) румбов вдоль побережья Арктики понижают (повышают) уровень моря в Восточно-Сибирском море, что приводит к увеличению (уменьшению) переноса вод через Берингов пролив.

Поступающие через Берингов пролив тихоокеанские воды богаты биогенными элементами (Израэль, Цыбань, 1992; Walsh et al., 1997). Это способствует образованию зон с высокой биологической продуктивностью в Чукотском море (Израэль, Цыбань, 1992; Zheng et al., 2021). Выделяют три основных пути, по которым распространяются беринговоморские воды в Чукотском море (рис. 1) (Coachman et al., 1975; Weingartner et al., 2005). В восточной части Чукотского моря теплые и низкосоленые прибрежные (аляскинские) воды следуют на северо-восток вдоль побережья п-ва Аляска. Летняя водная масса Берингова моря, образованная смешением вод Анадырского залива (повышенная соленость) и вод шельфа (Coachman et al., 1975), после прохождения Берингова пролива разделяется на две ветви. Одна ветвь (западная) проходит через каньон Геральда, а вторая – через центральный канал (Weingartner et al., 2005). В юго-западной части Чукотского моря летом преобладает циклоническая циркуляция вод (Мусина, 1966). Циклонический круговорот вод характеризуется аномально низкими значениями пар-

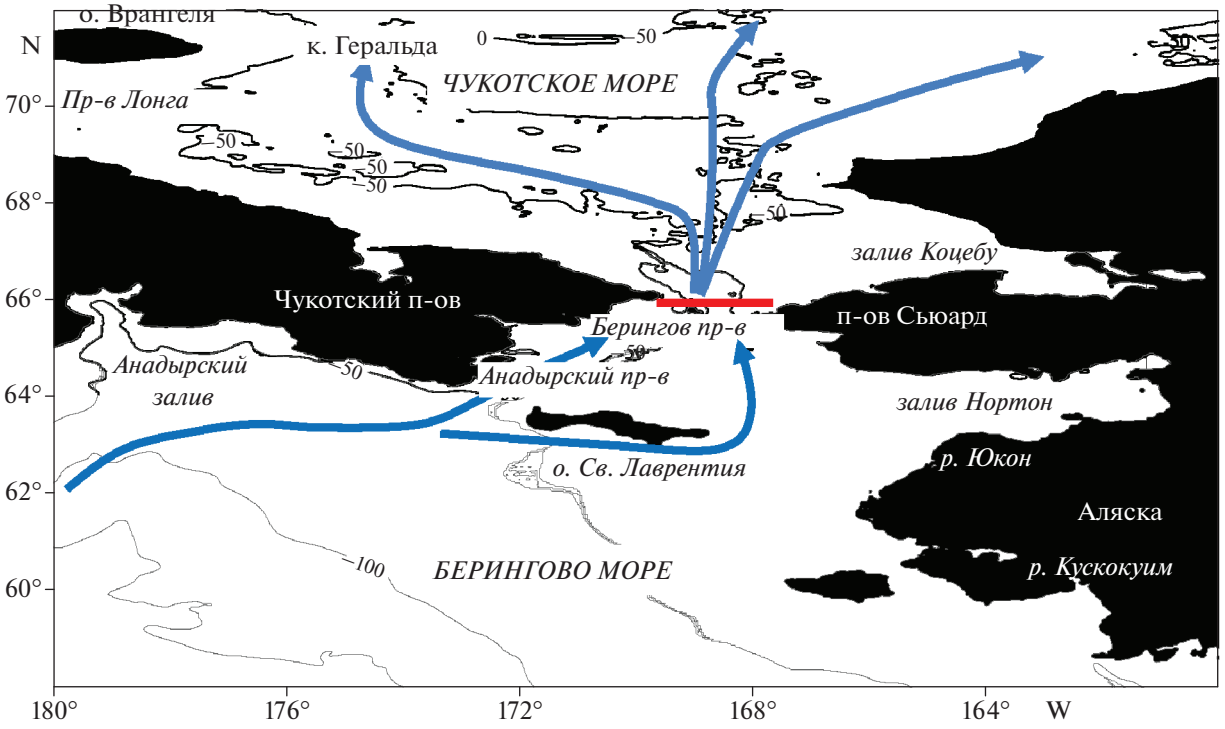

Рис. 1. Карта исследуемого района и схема течений.

циального давления CO_2 в поверхностном слое (Пипко и др., 2015) и высокой биомассой бентоса (Сиренко, Гагаев, 2007).

Сток рек Юкон (230 км^3/год) и Кускокуим (70 км^3/год) (рис. 1) влияет на химические параметры и соленость вод северо-западной части Берингова моря и юго-западной части Чукотского моря. Для данных рек характерна сезонность: наибольший сток вод наблюдается в мае–сентябре. Для морских вод, подверженных влиянию стока р. Юкон и Кускокуим, характерны повышенные величины парциального давления CO_2 морской воды (500–600 µатм, соленость 27–29 е.п.с.) (данные океанографических наблюдений, Cross et al., 2021). Увеличение (снижение) стока рек Юкон и Кускокуим должно приводить к повышению (понижению) уровня моря (Андреев, 2019; Андреев, Пипко, 2022) в Беринговом и Чукотском морях и оказывать влияние на геострофические течения, определяемые горизонтальными градиентами уровня моря.

В данной работе проведен анализ водообмена между Беринговым и Чукотским морями в летний период с использованием спутниковых данных по уровню моря, геострофическим течениям и данных измерений расхода вод в Беринговом проливе. Оценено влияние ветра и стока р. Юкон на уровень моря и геострофические течения в исследуемом регионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наши исследования основываются на спутниковой информации по уровню моря (SSH, Sea Surface Height), аномалии уровня моря (SLA, Sea Level Anomaly) и скорости геострофических течений за период с 1997 по 2019 гг. Данная информация доступна на сайте Европейской службы по мониторингу морской окружающей среды Copernicus (CMEMS, http://marine.copernicus.eu/) и является частью проекта по обработке данных мультисенсорной спутниковой альтиметрии SSALTO/DUACS, распределяемых AVISO (Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic Data) (https://www.aviso.altimetry.fr/). Объединенный массив AVISO включает в себя корректированные альтиметрические данные, полученные со спутников Cryosat–2, серии Jason–1/2/3, Envisat, Topex/Poseidon, GFO-1 и ERS–1/2. Пространственное разрешение сеточного массива данных составляет 0.25° × 0.25° (для исследуемого района ~30 км по долготе и ~12 км по широте), временная дискретность – 1 сут. Обработка данных спутниковой альтиметрии (https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/ocean-indicators-products/index.php?id=5159) включает в себя введение сенсорных и атмосферных поправок. Для коррекции данных применяется усовершенствованная глобальная приливная модель (FES2014).

Поправки на изменения уровня моря, вызванные атмосферным давлением, рассчитываются по уравнению обратного барометра. При расчете SSH используется средняя динамическая топография океана (MDT CNES–CLS–18). Скорости геострофических течений рассчитываются по данным SSH из уравнений геострофического баланса. Величина ошибки спутниковых данных по уровню моря (SSH, SLA), полученных в период с 2002 г. по настоящее время, составляет 1–2 см на расстоянии превышающим 20–40 км от берега (Ablain et al., 2015). Исходя из принятой величины ошибки SSH, ошибка рассчитанных скоростей геострофических течений для исследуемого района составляет 3–6 см/с.

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.

В работе использовались среднемесячные данные по переносу вод через Берингов пролив (Woodgate et al., 2005; Woodgate, Peralta-Ferriz, 2021). Данные были взяты с веб-сайта (http://psc.apl.washington.edu/BeringStrait.html). Измерения скоростей течений в зоне Берингова пролива проводили в периоды с сентября 1990 г. по сентябрь 1992 г. и с августа 1997 г. по август 2019 г. В наших исследованиях использовались данные, полученные в период с 1997 по 2019 гг. Скорости течений измеряли с помощью ADCP (акустического допплеровского профилографа) с временной дискретностью – 30 мин. Доверительный интервал ($p < 0.01$) для среднемесячных расходов вод равен 0.1–0.2 (0.2–0.7) Св при расходе вод – 1.5 (0–0.6) Св. Для анализа фоновых гидрометеорологических условий привлекались данные о стоке р. Юкон (Pilot Station, http://nwis.waterdata.usgs.gov), скоростям и направлению ветра (среднесуточные и среднемесячные данные) (Центр диагностики климата, http://www.esrl.noaa.gov).

ГЕОСТРОФИЧЕСКИЕ ТЕЧЕНИЯ И ПЕРЕНОС ВОД ЧЕРЕЗ БЕРИНГОВ ПРОЛИВ

Перенос вод через Берингов пролив подвержен сезонной изменчивости. В ноябре–марте перенос вод через Берингов пролив незначителен (0.1–0.6 Св) и может быть направлен из Чукотского в Беринговo море (http://psc.apl.washington.edu/BeringStrait.html). Для исследуемого периода (июнь–октябрь 1997–2019 гг.) наибольшие величины расхода вод наблюдались в июне–июле (1.0–1.9 Св). Для сентября–октября были характерны пониженные среднемесячные величины расхода вод через Берингов пролив (0.4–1.3 Св) (рис. 2, *а*).

Для июля–октября наблюдается хорошее согласие ($r = 0.85$, 1997–2019 гг., $N = 92$, $p < 0.001$) между спутниковыми данными по скоростям геострофических течений (среднемесячные данные, осредненные по разрезу от 167° до 170° W) в зоне Берингова пролива (66.12°–66.38° N) (рис. 1) и измерениями переноса вод через Берингов пролив (рис. 2, *а*). Ширина Берингова пролива на широте 66.25° N (66.12°–66.38° N) равна 140 км. Принимая, что скорости геострофических течений распределены по глубине однородно, и беря глубину пролива равной 50 м, мы получаем, что при скорости течения, равной 20 см/с, расход вод должен быть 1.4 Св. Данные, представленные на рис. 2, *а*, указывают на расход вод, равный 1.3–1.6 Св при скоростях геострофических течений 20 см/с.

Скорости геострофических течений в зоне Берингова пролива и перенос вод через пролив в летний период были подвержены значительной межгодовой изменчивости. Для августа расход вод/скорости течений изменялись от 0.6 Св/4–6 см/с в 2001, 2003 и 2016–2017 гг. до 1.4–1.6 Св/19–22 см/с в 1999, 2014, и 2019 гг. (рис. 2, *б*). На рис. 2, *в*, 2, *г* показаны карты геострофических течений для августа 2014 г. и августа 2016 г. в периоды, соответственно, повышенного (1.5 Св) и пониженного (0.5 Св) расхода вод в Беринговом проливе. В августе 2014 г. распределение скоростей геострофических течений в северной части Берингова моря соответствовало схеме течений, показанной на рис. 1. Поток вод следовал вдоль восточной границы Анадырского залива и побережья Чукотки и поступал в Чукотское море через Берингов пролив. Наблюдалось увеличение скоростей геострофических течений до 32–34 см/с в зоне между о. Св. Лаврентия и п-вом Чукотка (пролив Анадырский) и до 37–41 см/с в зоне Берингова пролива. В Чукотском море основной поток вод был направлен на запад в район пролива Лонга; часть вод поступала в северо-западном направлении в зону каньона Геральда. В южной части Чукотского моря вблизи побережья Чукотки выделялась зона с пониженным SSH (–20...–35 см) и циклоническим круговоротом вод. Наличие циклонического круговорота вод в данном районе было отмечено в ряде работ, основанных на данных су-

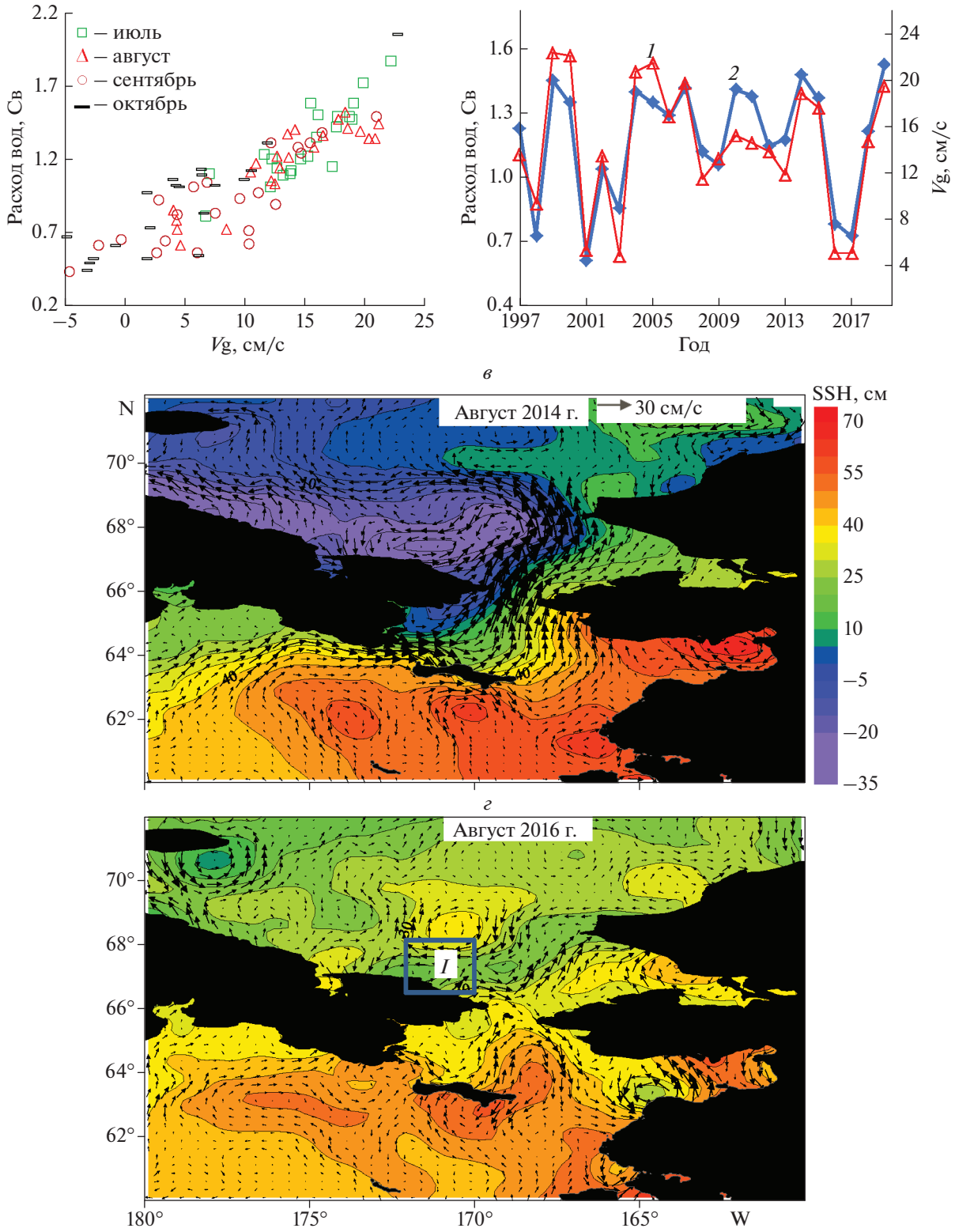

Рис. 2. *а* – зависимость между расходом вод через Берингов пролив и скоростями геострофических течений в зоне пролива; *б* – межгодовая изменчивость расхода вод через пролив и скоростей геострофических течений для августа: *1* – расход вод, *2* – скорость течений; *в–г* – распределения уровня моря и поля поверхностных геострофических течений в периоды повышенного (август 2014 г.) и пониженного (август 2016 г.) расхода вод через Берингов пролив: *I* – зона, где исследовалась связь между изменением аномалии уровня моря (SLA), расходом вод через Берингов пролив и зональным ветром (рис. 4).

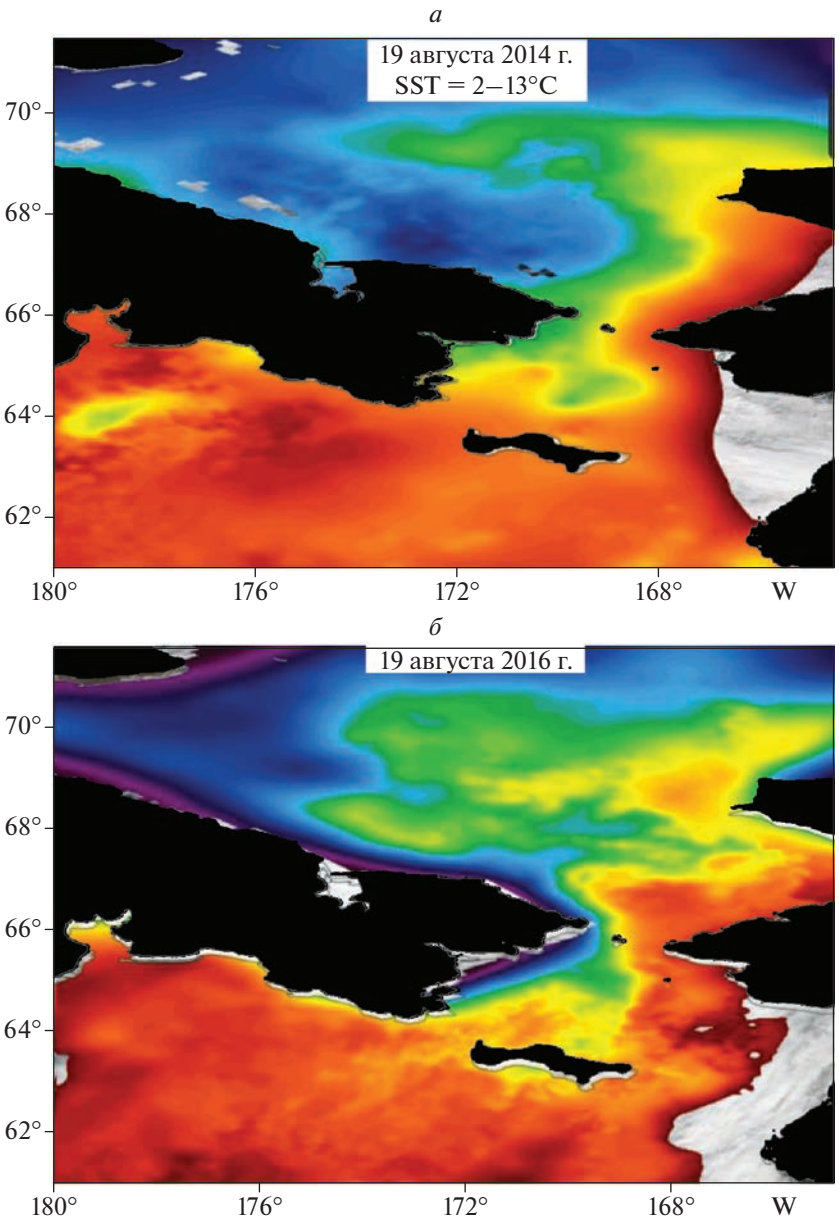

Рис. 3. *а–б* – распределение SST (2–13°C) в Беринговом и Чукотском морях 19 августа 2014 г. и 19 августа 2016 г. Холодным водам соответствует синий цвет, теплым водам – красный.

довых наблюдений (Мусина, 1966). В августе 2016 г. скорости геострофических течений в северной части Берингова моря и в Чукотском море были несколько раз ниже (10–18 см/с), чем в августе 2014 г. В северной части Берингова моря и в южной части Чукотского моря (к северу от Берингова пролива) наблюдались слабо выраженные циклонические (пониженные величины SSH) и антициклонические (повышенные величины SSH) круговороты вод.

Распределение SST в исследуемом районе в августе 2014 г. и августе 2016 г. представлено на рис. 3. В августе Берингово море – источник тепла для Чукотского моря. Теплые беринговоморские воды (SST = 11–12°C) наблюдались в восточной части Берингова пролива и в юго-восточной части Чукотского моря вблизи побережья Аляски. Циклонический круговорот в южной части Чукотского моря в августе 2014 г. (рис. 3, *а*) был образован водами с SST, равной 4°C. Поверхностные воды с SST, равной 8°C, поступали в западную часть Чукотского моря вдоль северной границы циклонического круговорота. В августе 2016 г. слабый циклональный круговорот вод, расположенный к северу от Берингова пролива (рис. 3, *б*), обеспе-

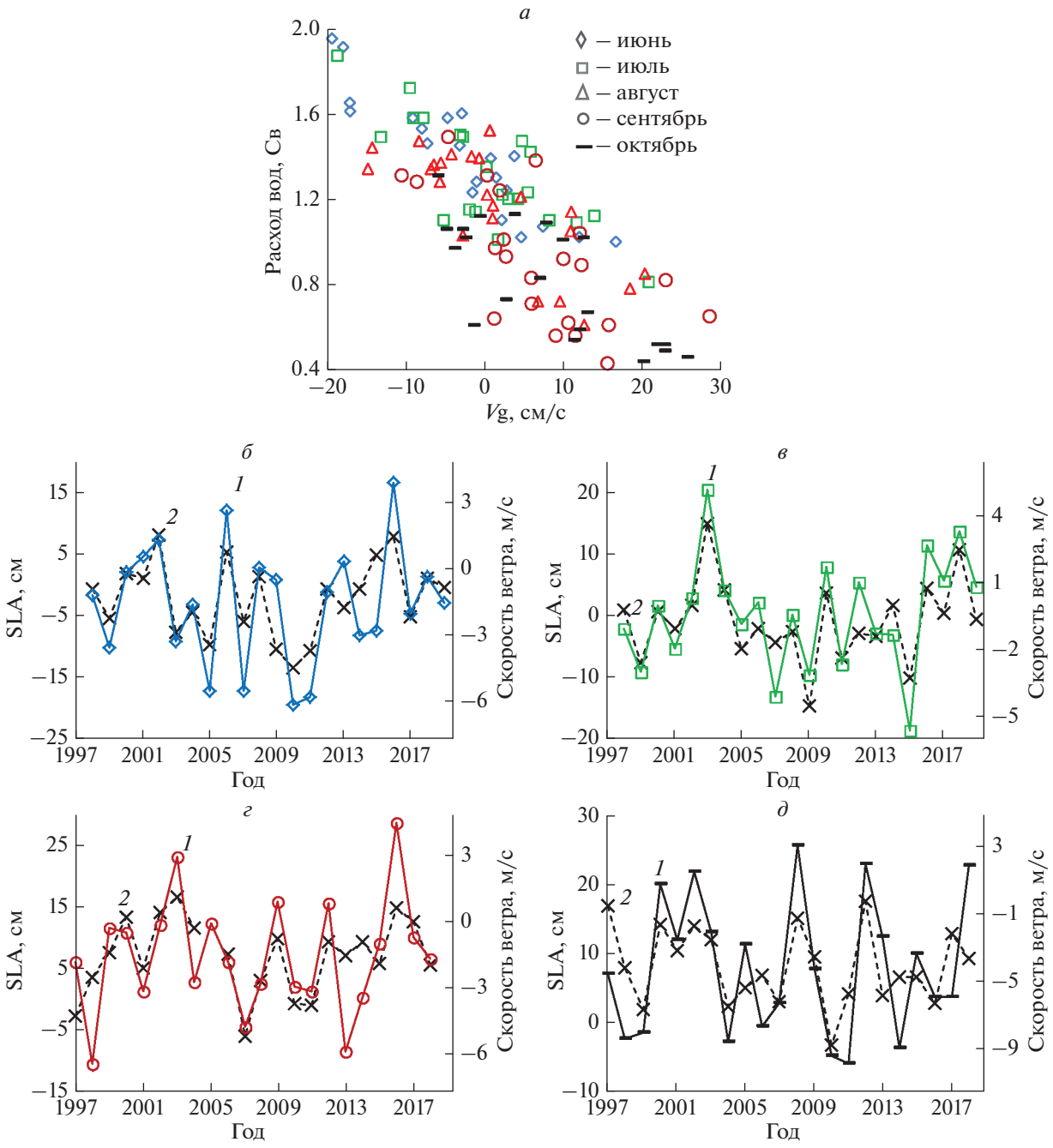

Рис. 4. *а* – зависимость между расходом вод через Берингов пролив и SLA в южной части Чукотского моря (зона I, рис. 2, *г*); *б*–*д* – межгодовая изменчивость SLA в южной части Чукотского моря (зона I) и скорости зонального ветра (67.5°–70.0° N, 167.5°–177.5° W), сглаженной 7-дневным скользящим средним, в июне (*б*), июле (*в*), августе (*г*) и октябре (*д*): *1* – SLA, *2* – скорость ветра.

чивал приток вод с повышенной SST (8–10°C) в юго-западную часть Чукотского моря.

ВЛИЯНИЕ ВЕТРА НА УРОВЕНЬ МОРЯ И ГЕОСТРОФИЧЕСКИЕ ТЕЧЕНИЯ

Анализ данных по SSH и SLA в Беринговом и Чукотском морях показал, что изменение скоростей геострофических течений в зоне Берингова пролива и расхода вод через пролив (июнь–октябрь) было обусловлено вариациями уровня моря в южной части Чукотского моря (66°–68° N, 170°–172° W) (рис. 4, *а*). При уменьшении уровня моря в южной части Чукотского моря на 35 см расход вод через Берингов пролив увеличивался от приблизительно 0.5 Св до 1.5 Св.

В зоне восточной Арктики ветер определяет направление и скорость течений (Proshutinsky, Johnson, 1997). Усиление ветров западных румбов сопровождается уменьшением солености/плотности и повышением SSH в прибрежных областях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Ветра восточных румбов вызывают перемещение вод с пониженной соленостью/плотностью из прибрежной в открытую часть моря и снижение SSH в южных областях моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (Андреев, Пипко, 2022). В период с июня по октябрь направление и скорость ветра оказывали существенное влияние на пространственно-временную изменчивость уровня моря в южной части Чукотского моря и, как следствие, на перенос вод через Берингов пролив. На рис. 4, *б*, 4, *д* представлены межгодовые изменения зональной скорости ветра (67.5°–70.0° N, 168°–178° W, среднемесячные данные) и SLA для июня, июля, сентября и октября. Восточные (западные) ветра с отрицательными (положительными) значениями зональной скорости ветра приводили к повышенным (пониженным) величинам SLA в южной части Чукотского моря и, как следствие, уменьшению (увеличению) переноса вод через Берингов пролив. Понижение SLA вблизи побережья Чукотки под воздействием восточных ветров может быть обусловлено прибрежным апвеллингом (Андреев, Пипко, 2022). Амплитуда межгодовых изменений SLA достигала 30–35 см. Коэффициент корреляции между зональной скоростью ветра и SLA в южной части Чукотского моря был равен 0.79–0.88 для июня–июля и 0.54–0.61 для сентября–октября (рис. 4, *б*, 4, *д*).

ВЛИЯНИЕ СТОКА РЕКИ ЮКОН НА УРОВЕНЬ МОРЯ

Сток реки Юкон поступает в мелководный (глубины ≤10 м) залив Нортон (рис. 1) и далее распространяется вдоль побережья Аляски по направлению к Берингову проливу. Поступление вод реки Юкон с низкой соленостью/плотностью вод должно приводить к формированию стоковой линзы и повышению уровня моря в северной части Берингова моря. Наши результаты указывают на влияние водности реки Юкон в летний период (май–октябрь) на межгодовую изменчивость уровня моря в северной части Берингова моря ($r = 0.48$, $p < 0.05$, октябрь 2002–2019 гг.) и центральной части Чукотского моря ($r = 0.62$, $p < 0.01$, октябрь 2002–2019 гг.) (рис. 5, *а*, 5, *б*) в осенний период. Увеличение расхода реки Юкон с 10000 м^3/с до 15000 м^3/с сопровождалось увеличением уровня моря на 20–30 см. Ранее было показано, что сток реки Амур (300 км^3/год) и сток реки Лены (500 км^3/год) оказывают влияние на изменения уровня моря, соответственно, в Охотском море и море Лаптевых (Андреев, 2019; Андреев, Пипко, 2022). Увеличение расхода вод реки Лены в два раза с 22000 м^3/с до 44000 м^3/с (среднее с июля по сентябрь) вызывало увеличение уровня моря в восточной части моря Лаптевых в сентябре приблизительно на 25 см.

На рис. 5, *в*, 5, *г* показано распределение уровня моря и поля поверхностных геострофических течений в периоды повышенного (2005 г.) и пониженного (2017 г.) стока вод р. Юкон. В октябре 2005 г. области с повышенными величинами SSH (15–25 см) находились западнее на 150 км (северная часть Берингова моря) – 250 км (центральная часть Чукотского моря), чем в октябре 2017 г. Появление области с повышенными величинами SSH привело к образованию антициклонального круговорота вод в центральной части Чукотского моря в октябре 2005 г. В зоне Берингова пролива наблюдался сдвиг струи геострофических течений с запада (октябрь 2005 г.) на восток (октябрь 2017 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовалось влияние ветра и стока р. Юкон на водообмен между Беринговым и Чукотским морями с использованием спутниковых данных по уровню моря, геострофическим течениям и данных измерений расхода вод в Беринговом проливе. Для июля–октября наблюдалось хорошее согласие ($r = 0.85$, 1997–2019 гг.) между скоростями геострофических течений в зоне Берингова пролива и переносом вод через Берингов пролив. Установлено, что направление и скорость ветра влияют на скорость геострофического течения в зоне Берингова пролива в летний и осенний периоды. Изменения скоростей геострофических течений и переноса вод через Берингов пролив связаны с изменениями уровня моря в южной части Чукотского моря. Ветра западных (восточных) румбов вызывают повышение (снижение) уровня моря в южных областях Чукотского моря и сопровождаются уменьшением (увеличением) расхода вод в Беринговом проливе. Увеличение стока реки Юкон в мае–октябре приводит к повышению уровня моря в северной части Берингова моря и центральной части Чукотского моря вследствие поступления вод с пониженной соленостью/плотностью и повышенными величинами уровня моря.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Результаты настоящего исследования были получены в рамках выполнения госбюджетной темы НИР ТОИ ДВО РАН (АААА-А17-117030110038-5) и при поддержке Российского научного фонда (проект № 21-17-00027).

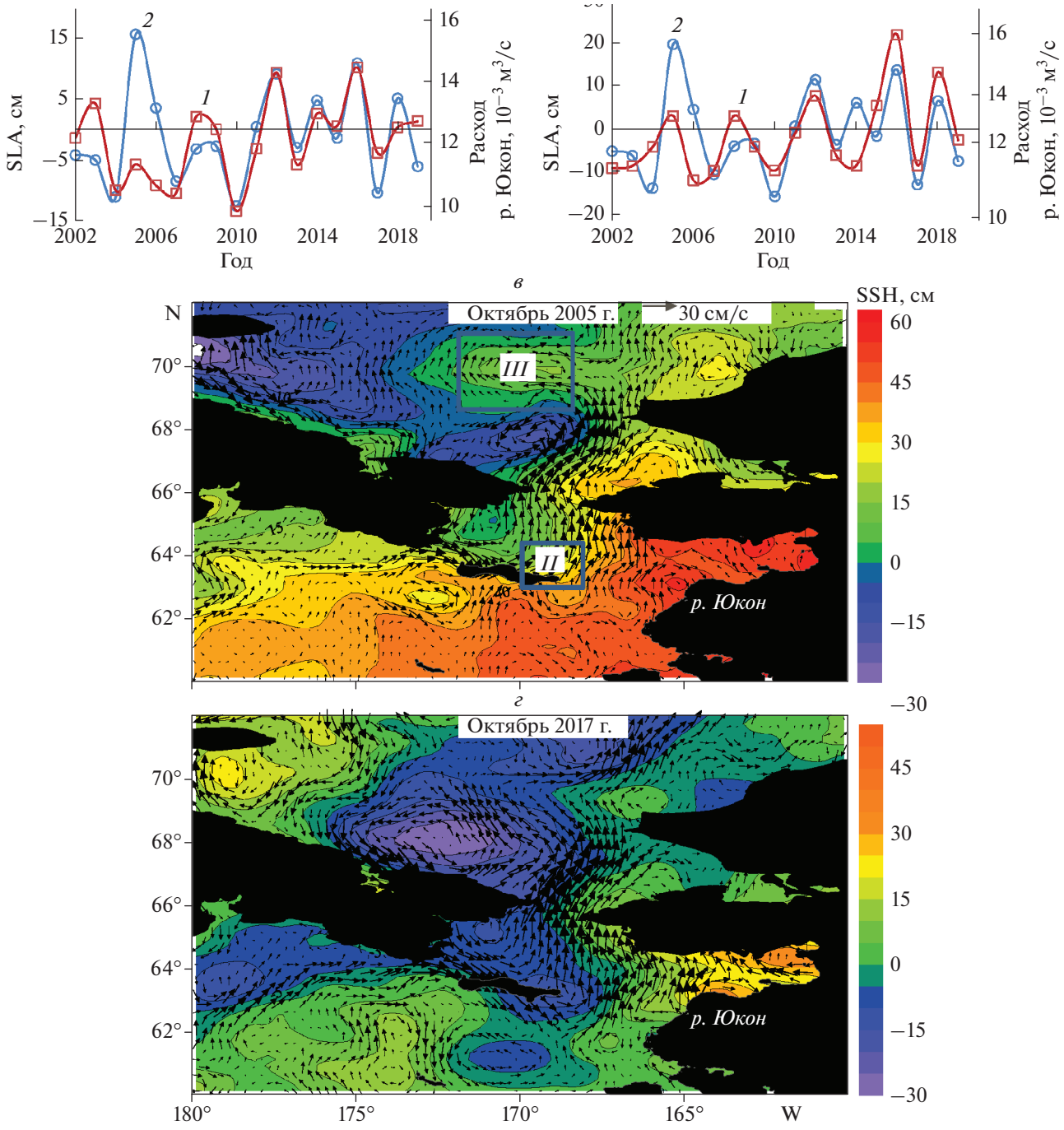

Рис. 5. *а–б* – межгодовая изменчивость расхода реки Юкон (осредненного с мая по октябрь) и SLA в Беринговом (зона *II*) и Чукотском (зона *III*) морях: *1* – расход реки Юкон (май – октябрь); *2* – SLA; *в–г* – распределения уровня моря и поля поверхностных геострофических течений в периоды повышенного (2005 г.) и пониженного (2017 г.) стока вод р. Юкон: *II*, *III* – области, где исследовалась связь между изменением SLA и стоком реки Юкон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андреев А.Г. Распределение распресненных вод Амурского лимана в Охотском море по данным спутниковых наблюдений // Исслед. Земли из космоса. 2019. № 2. С. 89–96.

Андреев А.Г., Пипко И.И. Изменение уровня моря и геострофических течений в Восточно-Сибирском море и море Лаптевых под влиянием ветра и стока реки Лены // Исслед. Земли из космоса. 2022. № 2. С. 28–37.

Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Исслед. экосистем Берингова и Чукотского морей. 1992. Вып. 3. СПб: Гидрометеоиздат. 182 с.

Мусина А.А. Растворенный кислород в водах Чукотского моря // Тр. ААНИИ. 1966. Т. 269. С. 38–52.

Пипко И.И., Пугач С.П., Репина И.А. и др. Динамика парциального давления углекислого газа и потоков CO_2 в системе океан-атмосфера на восточно-арктическом шельфе // Исслед. Земли из космоса. 2015. № 3. С. 43–59.

Сиренко Б.И., Гагаев С.Ю. Необычное обилие макробентоса и тихоокеанские вселенцы в Чукотское море // Биология моря. 2007. Т 33. № 6. С. 399–407.

Aagaard K., Weingarter T.J., Danielson S. et al. Some controls on flow and salinity in Bering Strait // Geophys. Res. Lett. 2006. V. 33. L19602.
https://doi.org/10.1029/2006GL026612

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.

Coachman L.K., Aagaard K., Tripp R.B. Bering Strait. The Regional Physical Oceanography. 1975. University of Washington Press, Seattle and London. 172 p.

Cross J.N., Monacci N.M., Bell S.W. et al. Dissolved inorganic carbon and total alkalinity and other hydrographic and chemical data collected from discrete sample and profile observations during the USCGC Healy cruise HLY1901 in the Bering and Chukchi Sea along transect lines in the Distributed Biological Observatory from 2019-08-06 to 2019-08-22. NOAA National Centers for Environmental Information Dataset. 2021.
https://doi.org/10.25921/b5s5-py61

Peralta-Ferriz C., Woodgate R.A. The Dominant Role of the East Siberian Sea in Driving the Oceanic Flow Through the Bering Strait–Conclusions from GRACE Ocean Mass Satellite Data and In Situ Mooring Observations Between 2002 and 2016 // Geophys. Res. Lett. 2017.
https://doi.org/10.1002/2017gl075179

Proshutinsky A.Y., Johnson M.A. Two circulation regimes of the wind-driven Arctic Ocean // J. Geophys. Res. 1997. V. 102. P. 12493–12514.

Weingartner T.J., Aagaard K., Woodgate R. et al. Circulation on the north central Chukchi Sea shelf // Deep Sea Res. II. 2005. V. 52. P. 3150–3174.

Weingartner T.J., Cavalieri D.J., Aagaard K. et al. Circulation, dense water formation, and outflow on the northeast Chukchi shelf // J. Geophys. Res. 1998. V.103. 7647–7661.

Woodgate R.A., Aagaard K., Weingartne T.J. Monthly temperature, salinity, and transport variability of the Bering Strait through flow // Geophys. Res. Lett. 2005. V. 32. L04601.

Woodgate R.A., Peralta-Ferriz C. Warming and freshening of the Pacific inflow to the Arctic from 1990-2019 implying dramatic shoaling in Pacific Winter Water ventilation of the Arctic water column // Geophys. Res. Lett. 2021. V. 48. e2021GL092528.
https://doi.org/10.1029/2021GL092528

Zheng Z., Wei H., Luo X., Zhao W. Mechanisms of persistent high primary production during the growing season in the Chukchi Sea // Ecosystems. 2021. V. 24. P. 891–910.
https://doi.org/10.1007/s10021-020-00559-8

Influence of Wind and Yukon River Runoff on Water Exchange between the Bering and Chukchi Seas

A. G. Andreev[1] and I. I. Pipko[1]

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

The analysis of water exchange between the Bering (Pacific Ocean) and Chukchi (Arctic Ocean) seas in the summer period was carried out using satellite data on sea level, geostrophic currents, and measurement data of water discharge in the Bering Strait. It is shown that there is good agreement (r = 0.85, July–October 1997–2019) between the velocities of geostrophic currents (satellite data) and measurements of water transport (buoy station data) through the Bering Strait. It has been established that the temporal variability of water discharge through the Bering Strait is determined by sea level variations in the southern part of the Chukchi Sea (66°–68° N, 170°–172° W). Strengthening of the eastern (western) winds is accompanied by a decrease (increase) in the sea level in the southern part of the Chukchi Sea and, as a result, an increase (decrease) in the flow of water through the Bering Strait. Increase (decrease) in the flow of the Yukon River is accompanied by a rise (decrease) in sea level and changes in water circulation in the northern Bering Sea and the southern Chukchi Sea.

Keywords: satellite data, sea level, geostrophic currents, water temperature, Yukon River, Bering Sea, Chukchi Sea

REFERENCES

Aagaard K., Weingarter T.J., Danielson S. et al. Some controls on flow and salinity in Bering Strait// Geophys. Res. Lett. 2006. V. 33. L19602.
https://doi.org/10.1029/2006GL026612

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. The Distribution of the Desalinated Waters of the Amur Estuary in the Okhotsk Sea According to Satellite Observations // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2019. V. 55. № 9. P. 1160–1165.

Andreev A.G., Pipko I.I. The Distribution of the Desalinated Waters of the Amur Estuary in the Okhotsk Sea According to Satellite Observations // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2022. V. 58. № 9.

Coachman L.K., Aagaard K., Tripp R.B. Bering Strait. The Regional Physical Oceanography. 1975. University of Washington Press, Seattle and London. 172 p.

Cross J.N., Monacci N.M., Bell S.W. et al. Dissolved inorganic carbon and total alkalinity and other hydrographic and chemical data collected from discrete sample and profile observations during the USCGC Healy cruise HLY1901 in the Bering and Chukchi Sea along transect lines in the Distributed Biological Observatory from 2019-08-06 to 2019-08-22. NOAA National Centers for Environmental Information Dataset. 2021.
https://doi.org/10.25921/b5s5-py61

Musina A.A. Dissolved oxygen in the water of the Chukchi Sea // Trudy of the Institute of Arctic and Antarctic. 1966. V. 269. P. 38–52.

Peralta-Ferriz C., Woodgate R.A. The Dominant Role of the East Siberian Sea in Driving the Oceanic Flow Through the Bering Strait – Conclusions from GRACE Ocean Mass Satellite Data and In Situ Mooring Observations Between 2002 and 2016 // Geophys. Res. Lett. 2017.
https://doi.org/10.1002/2017gl075179

Pipko I.I., Pugach S.P., Repina I.A. et al. Distribution and Air-Sea Fluxes of Carbon Dioxide on the Chukchi Sea Shelf // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. 2015. V. 51. № 9. P.1088–1102.

Proshutinsky A.Y., Johnson M.A. Two circulation regimes of the wind-driven Arctic Ocean// J. Geophys. Res. 1997. V. 102. P. 12493–12514.

Sirenko B.I., Gagaev S.Yu. Unusual Abundance of Macrobenthos and Biological Invasionsin the Chukchi Sea // Russian Journal of Marine Biology. 2007. V. 33. P. 355–364.

Weingartner T.J., Aagaard K., Woodgate R. et al. Circulation on the north central Chukchi Sea shelf // Deep Sea Res. II. 2005. V. 52. P. 3150–3174.

Weingartner T.J., Cavalieri D.J., Aagaard K. et al. Circulation, dense water formation, and outflow on the northeast Chukchi shelf // J. Geophys. Res. 1998. V. 103. 7647–7661.

Woodgate R.A., Aagaard K., Weingartne T.J. Monthly temperature, salinity, and transport variability of the Bering Strait through flow // Geophys. Res. Lett. 2005. V. 32. L04601.

Woodgate R.A., Peralta-Ferriz C. Warming and freshening of the Pacific inflow to the Arctic from 1990–2019 implying dramatic shoaling in Pacific Winter Water ventilation of the Arctic water column // Geophys. Res. Lett. 2021. V. 48. e2021GL092528.
https://doi.org/10.1029/2021GL092528

Zheng Z., Wei H., Luo X., Zhao W. Mechanisms of persistent high primary production during the growing season in the Chukchi Sea // Ecosystems. 2021. V. 24. P. 891–910.
https://doi.org/10.1007/s10021-020-00559-8