

## **5. Обсуждение**

### **5.1. Циркуляции вод в заливе Шелихова**

Схема Чернявского (Рис 1.1Б) указывает на циклоническую циркуляцию в заливе Шелихова. Работы Лучина [25] и Фигуркина [45] говорят о наличии антициклонической циркуляции в заливе Шелихова в зимний период времени, в то время как работы Помазановой [34], Лучин [25] и Мороз [32] показывают циклоническую циркуляцию в теплый период года. Аналогичные результаты показывают численные эксперименты. Очевидно, что циркуляция в заливе Шелихова определяется господствующими ветрами и поэтому имеет подобную сезонную изменчивость. Циклоническая циркуляция занимает всю акваторию залива Шелихова в теплый период года с июня по октябрь. После смены муссона изменяется структура течений. Появляется антициклон в центральной и южной части залива и циклон в северной части. Такая структура течений наблюдается в течение холодного периода года с ноября по май.

Этому есть следующее объяснение: сильные северо-восточные ветра формируют интенсивные прибрежные течения из залива Шелихова вдоль южного и северного берега. Западно-Камчатское течение питает Северную ветвь, которая следует в северо-восточном направлении и втекает в залив Шелихова через открытую часть, компенсируя, таким образом, прибрежные течения. В результате чего появляется антициклон в центральной и южной части и циклон в северной. В теплый период года, когда ветра ослабевают, Западно-Камчатское течение втекает в северном направлении вдоль западного побережья Камчатки и втекает в залив Шелихова вдоль берега. Следуя дальше вдоль берега, оно формирует циклоническую циркуляцию во всем заливе Шелихова. Вытекая из него, оно дает начало Пенжинскому течению.

### **5.2. Циркуляция вод на северном шельфе Охотского моря**

Прибрежная ветвь Северо-Охотского течения и Северо-Охотское противотечение формируют циклоническую циркуляцию на северо-западном

шельфе Охотского моря. Эта циркуляция явно выражена в период с января по май. Летом эта циркуляция ослабевает. В течение этого периода воды Амура текут в южном направлении вдоль северо-западной части Охотского моря, формируя антициклонический вихрь около Татарского пролива. Этот антициклон исчезает осенью. Осенью Северо-Охотское течение достигают максимума скорости (15 см/сек) и в величине расхода (0.5 СВ), занимая при этом весь северный Охотоморский шельф. Результаты океанографических экспедиций ТИНРО [68; 16] показывают интенсификацию прибрежной ветви Северо-Охотского течения и Северо-Охотское противотечения в осенне-зимнее время года. Результаты экспедиционных данных показывают хорошо выраженное Северо-Охотское противотечение, гораздо более интенсивное чем в результатах моделирования. Согласно моделированию Северо-Охотское противотечение находится севернее границы континентального склона Охотского моря между вдольбереговой ветвью Северо-Охотского течения и надсклоновой ветвью Северо-Охотского течения. В летний период времени оно представляет собой слабый поток на периферии антициклонических вихрей, которые возникают на северной периферии надсклоновой ветви Северо-Охотского течения.

### **5.3. Циркуляция вод в западной и юго-западной части Охотского моря**

Западная и юго-западная часть Охотского моря (Сахалинский шельф, Курильская котловина) была хорошо исследована и изучена совместной Японско-русско-американской группой в период времени с 1998 по 2001 г. Было выяснено, что Восточно-Сахалинское течение состоит из двух ветвей: первая ветвь около берега на глубинах 50-150 м со средними скоростями в пределах 30-40 см/сек, вторая ветвь над континентальным склоном на глубинах 300-900 м со средними скоростями 20-30 см/сек [89]. Среднегодовые расходы Восточно-Сахалинского течения составили 6.7 СВ с максимумом в феврале (12.3 СВ) и минимумом в октябре (1.2 СВ) [83]. Было показано, что первая ветвь Восточно-Сахалинского течения может быть интерпретирована

как захваченные топографические волны: когда прибрежное течение приводится в движение вдольбереговой компонентой вектора напряжения трения ветра. Так же первая (вдольбереговая) ветвь Восточно-Сахалинского течения усиливается за счет притока пресных вод реки Амур в летне-осенний период года. Поток пресных вод приводит к интенсификации потока южного направления в поверхностном слое, и при этом не приводит к сколько-нибудь значительному увеличению расхода вдольбереговой ветви Восточно-Сахалинского течения [83; 104]. Было показано, что баланс Свердрупа приводит к циклоническому круговороту в центральной глубоководной части Охотского моря ( $49^{\circ}\text{N}$ – $55^{\circ}\text{N}$ ). Надсклоновая ветвь Восточно-Сахалинского течения является восточной границей этого круговорота [90]. Simizu and Ohshima [99] успешно воспроизвели обе ветви Восточно-Сахалинского течения используя Принстонскую океанографическую модель с реалистичной топографией.

Результаты моделирования на основе RIAMOM в целом согласуются с ранее изученными особенностями циркуляции вод Охотского моря. Результаты моделирования Восточно-Сахалинского течения в этом исследовании также согласуются с его инструментальными измерениями. Сезонная изменчивость рассчитанных расходов в Восточно-Сахалинском течении имеет тенденцию, аналогичную тенденции, описанной Mizuta et al. [83], но с почти в два раза меньшей амплитудой. Расход в прибрежной ветви Восточно-Сахалинского течения имеет максимум в ноябре и минимум в июле. Расход в надсклоновой ветви Восточно-Сахалинского течения максимальный в январе, и минимальный в августе. Согласно результатам моделирования Амурские воды достигают Хоккайдо, что согласуется с Watanabe [111]. Течение Соя имеет максимум летом. В Курильском бассейне сложная циркуляция, состоящая из множества вихрей разных масштабов. Осенью там преобладает антициклоническая циркуляция.

## Выводы

Охотское море имеет очень сложную циркуляцию. Большинство исследований по циркуляции вод Охотского моря были основаны на анализе результатов полевых данных или результатов диагностических моделей [10]. Прогностические модели использовались для решения теоретических вопросов [21; 18; 22], но не полностью выяснили роль различных факторов, таких как ветер, потоки тепла, осадки и речной сток. В этом исследовании мы сосредоточили внимание на следующих задачах:

1. Создание модели Охотского моря с пятикилометровым разрешением.
2. Проверка результатов моделирования с помощью инструментальных измерений и спутниковых данных.
3. Анализ сезонной изменчивости циркуляции воды Охотского моря, выявление основных особенностей циркуляции вод.

В целом результаты моделирования показали хорошее согласие с инструментальными измерениями, выполненными на шельфе Сахалина, и спутниковыми данными.

Результаты моделирования показывают, что общая циркуляция в Охотском море является циклонической над впадиной Дерюгина и антициклонической в заливе Шелихова и Курильском бассейне. Основными течениями этой циклонической циркуляции являются Западно-Камчатское течение, Срединное течение, две ветви Северного Охотского течения (вдольбереговая и надсклоновая), две ветви Восточно-Сахалинского течения (вдольбереговая и надсклоновая), течение Соя. Все эти течения существуют в течение всего года. Другие течения (Компенсационное течение, Пенжинское течение, Ямское течение, Северо-Охотское противотечение, Амурское течение, Северо-Восточное течение) интенсифицируются в отдельные периоды года.

Результаты моделирования показали, что система Курило-Камчатское – Западно-Камчатское – надсклоновая ветвь Северо-Охотского – надсклоновая ветвь Восточно-Сахалинского течений имеет максимум зимой и минимум летом. Можно сделать вывод, что циркуляция в Охотском море частично за-

висит от притока из Тихого океана и частично из-за завихрения ветра над морем.

Западно-Камчатское течение формируется затоком Курило-Камчатское течения через Четвертый Курильский пролив и частично через пролив Крузенштерна. В зимний и весенний сезоны поток Западно-Камчатского течения следует вдоль континентального склона. В этот период слабый поток Компенсационного течения выходит из залива Шелихов. Западно-Камчатское течение течет вдоль западного побережья Камчатки летом и осенью. Результаты экспериментов показывают, что основными факторами, влияющими на Западно-Камчатское течение, являются ветер и поток через Четвертый Курильский пролив. Компенсационное течение, как видно из экспериментов, формируется холодной соленой водой, которая образуется в заливе Шелихов в зимнее время. Антициклоническая циркуляция в заливе Шелихов зимой происходит от сильных северо-восточных ветров. Циклоническая циркуляция наблюдается во время слабых летних ветров. Ямское течение, вдольбереговая ветвь Северо-Охотского течения и вдольбереговая ветвь Восточно-Сахалинского течения формируется механизмом захваченных вдольбереговых волн и наиболее четко выражается осенью и зимой в период усиления северных ветров. Вторая ветвь Восточно-Сахалинского течения формируется циклоническим завихрением ветра над Охотским морем.

Срединное течение и надсклоновая ветвь Северо-Охотского течения над северным континентальным склоном хорошо выражены в течение года. Срединное течение формируется потоком через пролив Крузенштерна, надсклоновая ветвь Северо-Охотского течения - ветвью Западно Камчатского течения. Основной перенос масс в центре Охотского моря находится вокруг впадины Дерюгина: Западно-Камчатское течения, надсклоновые ветви Северо-Охотского и Восточно-Сахалинского течений. В весенний период времени к этой циклонической системе циркуляции добавляется Срединное течение, который зависит только от потока через пролив Крузенштерна. Эта система циклонической циркуляции определяется общей завихренностью ветрового

поля над Охотским морем и втоком вод через Курильские проливы, что подтверждается расчетами и экспериментами.

В ходе исследования были получены следующие новые результаты:

Обнаружено, что основной перенос массы воды происходит по континентальному склону Охотского моря в районе впадины Дерюгина. Выявлены основные течения Охотского моря. Получены значения расходов всех основных течений и его сезонная изменчивость. Получены также данные расходов и их сезонной изменчивости через проливы Курильской гряды, и пролив Лаперуза. Было показано, что общая циркуляция воды вокруг впадины Дерюгина, вокруг которой происходит основной поток массы, зависит от завихренности напряжения трения ветра над Охотским морем. Зимой, когда завихренность поля ветра максимальна, максимальный объемный объем основных течений (Западная Камчатка, северная ветвь Среднего, вторая ветвь Восточного Сахалина). Ответвление Курило-Камчатского течения втекает в Охотское море через пролив Крузенштерна и питает Срединное течение. Весной расход через пролив Крузенштерна максимален. Это приводит к максимальному расходу Срединного течения в весенний период времени.

Прямое влияние ветра приводит к антициклонической циркуляции в заливе Шелихова, и к усилению Компенсационного течения.

## Литература

1. Бобков А.А. Течение Соя и его ветви. Известия Всесоюзного географического общества. 1989. Т 121. №6. С 531-535.
2. Бобков А.А. Течение Соя и его место в системе вод Южно-Курильского района. Известия Русского Географического общества. 1992. Т 124. №5. С 461-470.
3. Будаева В.Д., Макаров В.Г., Мельникова И.Ю. Диагностические расчеты стационарных течений в заливе Анива и проливе Лаперуза. Метеорология и гидрология. 2001. №3. С. 80-84.
4. Булатов Н.В., Куренная Л.А., Муктепавел Л.С., Алексанина М.Г., Гербек Э.Э. Вихревая структура вод южной части Охотского моря и ее сезонная изменчивость (результаты спутникового мониторинга). Океанология. 1999. Том 39. №1. С. 36-45.
5. Ванин Н.С. Сравнительный анализ динамики вод и прогрева верхнего слоя в Сахалино-Курильском районе в 1997 и 2000 гг. Известия ТИНРО. 2002. Т 130. С 59-70.
6. Васильев А. С., Дудка К. В. О водообмене Охотского и Японского морей с Тихим океаном. Метеорология и гидрология. 1994. №10. С. 56-64.
7. Васильев А.С., Полякова А.М., Храпченков Ф.Ф. Анализ сезонной изменчивости интегральной циркуляции Охотского моря в связи с основными типами барических систем над его акваторией. Препринт Владивосток: Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН. 1995. 35 С.
8. Васильев А.С., Храпченков Ф.Ф. Планирование океанологического эксперимента (на примере Охотского моря). Метеорология и гидрология. 1994. №8. С 64-70.
9. Васильев А.С., Храпченков Ф.Ф. Сезонная изменчивость циркуляции вод и водообмена Охотского моря с Тихим океаном. Метеорология и гидрология. 1998. №6. С. 59-67.
10. Верхунов А.В. Развитие представлений о крупномасштабной циркуляции Охотского моря. Комплексные исследования экосистемы Охотского

моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М: Издательство ВНИРО. 1997. С 8–19.

11. Грузевич А. К., Аржанова Н.В., Сапожников В.В. Гидрохимические процессы в системе сопряженных мезомасштабных вихрей на шельфе Сахалина. Океанология. 1996. Том 36. №5. С. 719–726.

12. Грузевич А. К., Аржанова Н.В., Сапожников В.В. Мезомасштабные вихри над шельфом и материковым склоном и их влияние на формирование гидрохимической структуры Охотского моря. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М.: Издательство ВНИРО. 1997. С. 79–86.

13. Дарницкий В.Б., Лучин В.А. Особенности горизонтальной структуры климатических течений Охотского моря с месячной дискретностью. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М.: Издательство ВНИРО. 1997. С. 19-25.

14. Дьяков Б.С., Никитин А.А., Павлычев В.П. Пространственная изменчивость структуры вод Охотского моря и прилегающей части Тихого океана в сентябре 1993 г. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М.: Издательство ВНИРО. 1997. С. 40–45.

15. Жданко М.Е. О течениях в Охотском и Беринговом морях. Русское судоходство. СПб. 1910. С. 132-133.

16. Жигалов И.А. Характеристика и особенности океанологических условий североохотоморского шельфа осенью 2004 г. Известия ТИНРО. 2005. Том 142. С. 203-213.

17. Зырянов В.Н. Некоторые вопросы теории морских течений в приложении к Охотскому морю. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук. М.: Издательство ИОАН. 1975. 12 с.

18. Зырянов В.Н. Численный расчет установившихся течений Охотского моря. Труды ВНИРО. 1977. Том 119. С. 24-30.

19. Кантаков Г.А., Шевченко Г.В. Анализ неперiodических течений в проливе Лаперуза в связи с изменениями уровня моря и воздействием ветра. Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов: сборник статей. Ответственный редактор Шевченко Г.В. Южно-Сахалинск: Институт морской геологии и геофизики Сахалинского научного центра ДВО РАН. 2001. 214 с.

20. Карпушин М.А., Сапожников В.В., Толмачев Д.О. Подъем над банкой Кашеварова и его влияние на вынос биогенных элементов в эвфотический слой. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М.: Издательство ВНИРО. 1997. С. 29-35.

21. Козлов В.Ф. Расчет урoвневной поверхности в Охотском море. Труды ДВНИИ. 1972. Выпуск 37. С. 37-43.

22. Козлов В.Ф., Макаров В.Г. Фоновые течения в Охотском море. Метеорология и гидрология. 1996. №9. С. 58-64.

23. Красавцев В.Б., Попудрибко К.К., Шевченко Г.В. Пространственная структура неперiodических течений на северо-восточном шельфе острова Сахалин по измерениям 1990 года. Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов: сборник статей. Ответственный редактор Шевченко Г.В. Южно-Сахалинск: Институт морской геологии и геофизики Сахалинского научного центра ДВО РАН. 2001. С. 48–61.

24. Леонов А.К. Региональная океанография. Охотское море. Л.: Гидрометеиздат. 1960. С. 186-290.

25. Лучин В.А. Циркуляция вод Охотского моря и особенности ее внутригодовой изменчивости по результатам диагностических расчетов. Труды ДВНИИ. 1987. Выпуск 36. С. 3–13

26. Лучин В.А. Диагностический расчет циркуляции вод Охотского моря в летний период. Труды ДВНИГМИ. 1982. Выпуск 96. С. 69-77.

27. Лучин В.А., Фигуркин А.Л., Жигалов И.А. Гидрологические условия банки Кашеварова. Известия ТИНРО. 1998. Том 124. С. 734-746.

28. Маркина Н.П., Чернявский В.И. Количественное распределение планктона и бентоса в Охотском море. Известия ТИНРО. 1984. Том 109. С. 109-119

29. Мороз И.Ф. Гидрологические условия Охотского моря летом 1993 г. в период анадромных миграций лососей. Известия ТИНРО. 1994. Том 116. С. 111-121.

30. Мороз И.Ф. Межгодовые различия океанологических условий и особенности анадромных миграций лососевых Сахалино-Курильского района. Известия ТИНРО. 1997. Том 122. С. 451-462.

31. Морошкин К.В. Водные массы Охотского моря. Москва:Наука. 1966. 70 с.

32. Мороз И.Ф. Термохалинная структура и динамика вод северной части Охотского моря летом 1997 г. Известия ТИНРО. 1998. Том 124. С. 667-680

33. Павлычев В.П. Некоторые особенности гидрометеорологических условий в западно-камчатском районе в январе-апреле 1994г. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М.: Издательство ВНИРО. 1997. С. 56-64.

34. Помазанова Н.П. Поверхностные течения в северных и восточных промысловых районах Охотского моря в летние месяцы. Труды ДВНИГМИ. 1970. Выпуск 30. С. 94-104.

35. Попудрибко К.К., Путов В.Ф., Шевченко Г.В. Оценка характеристик морских течений на Пильтун-Астохской нефтегазоносной площади (северо-восточный шельф о. Сахалин). Метеорология и гидрология. 1998. С. 82-95

36. Путов В.Ф., Шевченко Г.В. Анализ инструментальных измерений течений на шельфе северо-западной части Охотского моря. Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов: сборник статей. Ответственный редактор Шевченко Г.В. Южно-Сахалинск: Институт морской геологии и геофизики Сахалинского научного центра ДВО РАН. 2001. 214 с.

37. Радченко В.И., Мельников И.В., Волков А.Ф. Условия среды, состав планктона и нектона эпипелагиали южной части Охотского моря и сопре-

дельных океанических вод летом 1994 г. и их межгодовая изменчивость. Биология моря. 1997. Том 23. № 1. С. 15-25.

38 Рогачев К.А., Косолапкин Г.Ю. Перемешивание вод на банке Каше-варова (Охотское море). Метеорология и гидрология. 1995. №3. С. 96-104

39 Ростов В.И., Ростов И.Д., Юрасов Г.И., Рудых Н.И., Дмитриева Е.В.. Электронный атлас по океанографии Берингова, Охотского и Японского морей. Океанология. 2004. Том 44. №3. С. 469-471

40 Савельев А.В. Численное моделирование динамического состояния вод на шельфе восточного побережья о. Сахалин, формирующегося под воздействием ветра. Труды ДВНИИ. 1989. Выпуск 39. С. 63–77

41 Самко Е.В., Глебова С.Ю., Новиков Ю.В. Особенности динамики и термики поверхностных вод в Сахалинско-Курильском районе в 90-е гг. Известия ТИНРО. 1998. Том 124. С. 658-666.

42 Самко Е.В., Новиков Ю.В. Среднегодовое геострофическое течение циркуляция вод южной части Охотского моря. Известия ТИНРО. 2003. Том 133. С. 297-302.

43 Супранович Т.И., Юрасов Г.Н., Контаков Г.А. Непериодические течения и водообмен в проливе Лаперуза. Метеорология и гидрология. 2001. №3. С. 80-84

44 Файман П.А. Сезонная изменчивость циркуляции вод Охотского моря, рассчитанная на основе стационарной модели океана. Вестник ДВО РАН. 2015. Том 184. №6. С 21-28

45 Фигуркин А.Л. Развитие океанологических условий западной Камчатки по данным мониторинговых наблюдений 1997 и 2000 гг. Известия ТИНРО. 2002. Том 130. С. 103-116.

46 Фигуркин А.Л. Циркуляция вод западно-камчатского шельфа весной 1983-1995 гг. Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. Ответственный редактор Сапожников В.В. М.: Издательство ВНИРО. 1997. С. 25-29.

47 Фигуркин А.Л., Шапиро П.Б. Притауйский гидрологический фронт осенью 1999-2004 гг. Известия ТИНРО. 2006. Том 145. С. 304-316.

48 Хен Г.В., Ванин Н.С., Фигуркин А.Л. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. Известия ТИНРО. 2002. Том 130. С. 24-43.

49 Хен Г.В., Дудков С.В. Гидрология глубинных теплых вод Охотского моря в сентябре-ноябре 2000 г. Известия ТИНРО. 2002. Том 130. С. 140-147.

50 Хен Г.В., Фигуркин А.Л., Жигалов И.А. Гидрологические условия южной глубоководной части Охотского моря в октябре-ноябре 2000 г. Известия ТИНРО. 2002. Том 130. С. 133-139.

51 Чернявский В.И., Бобров В.А., Афанасьев Н.Н. Основные продуктивные зоны Охотского моря. Известия ТИНРО. 1981. Том 105. С. 20-24

52 Чернявский В.И. Циркуляционные системы Охотского моря. Известия ТИНРО. 1981. Том 105. С. 13-19

53 Юрасов Г.И. О расчете водообмена через проливы Японского моря. Метеорология и гидрология. 1987. № 8. С. 116-118

54 Alfultis M. A. and S. Martin. Satellite passive microwave studies of the Sea of Okhotsk ice cover and its relation to oceanic processes, 1978–1982. J. Geophys. Res. 1987. 92(C12). 13013–13028. doi: 10.1029/JC092iC12p13013.

55 Aota M. Studies on the Soya Warm Current. Low Temp. Sci. 1975. Volume 33. P. 151-172

56 Aota M., Nagata Y., Inaba H., Matsuyama Y., Ono N., Kanari S. 1985. The Soya Warm Current – A typical oceanic current flowing over shelf region. In: Ocean Characteristics and Their Changes. Tokyo: Koseisya-Koseikaku. P. 164-187

57 Aota M. and M. Ishikawa. Fresh water supply to the Sea of Okhotsk and volume transport of Soya Warm Current. Bull. Hokkaido Nat. Fish. Res. Inst. 1991. №55. P. 109-113

58 Blumberg A.F., Mellor G.L. Three-Dimensional Coastal Ocean Models. American Geophysical Union, Washington. Volume 4 of Coastal and Estuarine

Sciences. Chapter A Description of a Three-Dimensional Coastal Ocean Circulation Model. 1987. P. 1-16. doi:10.1029/CO004p0001

59 Bobkov A.A. and Tsepelev V.Yu. Anemobaric effect on the water area of the La Perouse Strait. PICES Scientific Report. 2004. №26. p. 21-23

60 Boyer, T. P., Stephens, C., J. I. Antonov, M. E. Conkright, R. A. Locarnini, T. D. O'Brien, H. E. Garcia, 2002: World Ocean Atlas 2001, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 50, U.S. Government Printing Office, Wash., D.C., 165 pp., CD-ROMs.

61 Budaeva V.D. and Makarov V.G. A peculiar water regime of currents in the area of the eastern Sakhalin shelf. PICES Scientific Report. 1999. №12. p. 131-138

62 Budaeva V.D., Shevchenko G.V., Makarov V.G., Kantakov G.A. and Chastikov V.N. Specific features of seasonal and interannual variability of water structure and circulation in Aniva Bay during 2001-2003. PICES Scientific Report. 2004. №26. p. 55-63

63 Ebuchi N., Fukamachi Y., Ohshima K., Shirasawa K., Ishikawa M., Takatsuka T., Daibo T., Wakatsuchi M. Observation of the Soya Warm Current using HF ocean radar. Journal of Oceanography. 2006. Volume 62. №1. p. 47-61(15)

64 Ebuchi N., Fukamachi Y., Ohshima K.I. and Wakatsuchi M. Subinertial and Seasonal Variations in the Soya Warm Current Revealed by HF Ocean Radars, Coastal Tide Gauges, and Bottom-Mounted ADCP. Journal of Oceanography. 2009. Volume 65. pp. 31-43

65 Ebuchi N. Seasonal and interannual variations in the East Sakhalin Current revealed by the TOPEX/POSEIDON altimeter data. Journal of Oceanography. 2006. Volume 62(2). P. 171-183.

66 Fayman P.A. Diagnostic current calculation for the Sea of Okhotsk. PICES Scientific Report. 2004. №26. P. 82-85

67 Figurkin A.L. and Ovsyannikov E.E. Influence of oceanological conditions of the West Kamchatka shelf waters on spawning grounds and on pollock egg distribution. PICES Scientific Report. 1999. №12. p. 107-114

68 Figurkin A.L. and Zhigalov I.A. Seasonal variability and specificity of the oceanological conditions in the northern Okhotsk Sea in 1997. PICES Scientific Report. 1999. №12. p. 55-60

69 Fujisaki A., Yamaguchi H., Duan F., Sagawa G. Improvement of short-term sea ice forecast in the southern Okhotsk sea. Journal of Oceanography. 2007. Volume 63. №5. pp. 775-790

70 Fukamachi Y., Shirasawa K., Polomoshnov A.M., Ohshima K.I., Kalinin E., Nihashi S., Melling H., Mizuta G., Wakatsuchi M. Direct observations of sea-ice thickness and brine rejection off Sakhalin in the Sea of Okhotsk. Continental Shelf Research. 2009. Volume 29. Issues 11-12. p. 1541–1548

71 Fukamachi, Y. Tanaka, I. Ohshima, K. I. Ebuchi, N. Mizuta, G. Yoshida, H. Takayanagi, S. Wakatsuchi, M. Matsuyama, M. Wadaka, T. Abe, M. Aota and Y. Koike. Current structure and volume transport of the Soya Warm Current in summer. Journal of Oceanography. 2006. Volume 62. pp. 197–205.

72 Gent, P.R., McWilliams, J.C., 1990. Isopycnal mixing in ocean circulation models. Journal of Physical Oceanography 20, 150-155. doi:10.1175/1520-0485(1990)020<0150:imiocm>2.0.co;2.

73 IOC, IHO and BODC, 2003, "Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas", published on CD-ROM on behalf of the Intergovernmental Oceanographic Commission and the International Hydrographic Organization as part of the General Bathymetric Chart of the Oceans; British Oceanographic Data Centre, Liverpool.

74 Ishizaki, H., Motoi, T., 1999. Reevaluation of the Takano-Oonishi scheme for momentum advection on bottom relief in ocean models. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 16, 1994-2010. doi:10.1175/1520-0426(1999)016<1994:rottos>2.0.co;2.

75 Ishizu M., Kitade Y., Matsuyama M. Formation mechanism of the cold-water belt formed off the soya warm current. *Journal of Oceanography*. 2006. Volume 62. p. 457-471

76 Ishizu, M., Y. Kitade, and M. Matsuyama. Characteristics of the cold-water belt formed off Soya Warm Current. *J. Geophys. Res.* 2008. Volume 113. C12010. doi: 10.1029/2008JC004786.

77 Itoh M., Ohshima K.I. Seasonal Variations of Water Masses and Sea Level in the Southwestern Part of the Okhotsk Sea. *Journal of Oceanography*. 2000. Volume 56. №6. pp. 643-654

78 Kontorovsky S.E. Simulation of the thermohaline dynamics of the Sea of Okhotsk. *PICES Scientific Report*. 2004. №26. p 86-87

79 Kurashina K., Nishida K., Nakabayashi S. On the open water in the south-eastern part of the frozen Okhotsk Sea and the currents through the Kurile Islands. *J. Ocean. Soc. Japan*. 1967. Volume 23. №2. pp. 56-67

80 Lee H.J., Yoon J.H., Kawamura H., Kang H.W. Comparison of RIAMOM and MOM in modeling the East Sea/Japan Sea circulation. *Ocean and Polar Research*. 2003. Volume 25. P. 287-302. doi:10.4217/opr.2003.25.3.287.

81 Luchin V.A. and Figurkin A.L. Oceanographic conditions over the Kashevarov Bank. *PICES Scientific Report*. 1999. №12. p. 69-76

82 Matsuda J., Mitsudera H., Nakamura T., Uchimoto K., Nakanowatari T., Ebuchi N. Wind and buoyancy driven intermediate-layer overturning in the Sea of Okhotsk. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2009. Volume 56. Issue 9. P. 1401-1418

83 Mizuta G., Fukamachi Y., Ohshima K.I., Wakatsuchi M. Structure and Seasonal Variability of the East Sakhalin Current. *Journal of Physical Oceanography*. 2003. Volume 33. Issue 11. pp. 2430–2445

84 Mizuta G., Ohshima K.I., Fukamachi Y., Wakatsuchi M. The variability of the East Sakhalin Current induced by winds over the continental shelf and slope. *Journal of Marine Research*. 2005. Volume 63. №6. pp. 1017-1039

85 Noh Y., Jin Kim H. Simulations of temperature and turbulence structure of the oceanic boundary layer with the improved near-surface process. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 1999. Volume 104. P. 15621-15634. doi:10.1029/1999jc900068.

86 Odomaki M., Iwamoto K. Currents and tidal observations by Hydrographic Department of Maritime Safety Agency, off the Okhotsk coast of Hokkaido. *PICES Scientific Report*. 1999. №12. p. 149-152

87 Ohshima K. I., and Simizu D. Particle tracking experiments on a model of the Okhotsk Sea: toward oil spill simulation. *Journal of Oceanography*. 2008. Volume 64. p. 103-114.

88 Ohshima K., Fukamachi Y., Mutoh T., Wakatsuchi M., A Generation Mechanism for Mesoscale Eddies in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea: Baroclinic Instability Caused by Enhanced Tidal Mixing. *Journal of Oceanography*. 2005. Volume 61. №2. pp. 247-260

89 Ohshima, K. I., Wakatsuchi M., Fukamachi Y., and Mizuta G. Near-surface circulation and tidal currents of the Okhotsk Sea observed with satellite-tracked drifters. *J. Geophys. Res.* 2002. Volume 107. № C11, 3195, doi:10.1029/2001JC001005.

90 Oshima K.L. et al. Sverdrup Balance and the Cyclonic Gyre in the sea of Okhotsk. *J. Phys. Oceanogr.* 2004. Volume 24. P. 513–525.

91 Reynolds, R.W., Smith, T.M., Liu, C., Chelton, D.B., Casey, K.S., Schlax, M.G., 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature. *Journal of Climate* 20, 5473-5496. doi:10.1175/2007jcli1824.1.

92 Rogachev K.A.; Carmack E.C.; Salomatin A.S. Strong Tidal Mixing and Ventilation of Cold Intermediate Water at Kashevarov Bank, Sea of Okhotsk. *Journal of Oceanography*. 2000. Volume 56. №4. pp. 439-447

93 Rogachov K. and Verkhunov A. Circulation and water mass structure in the Southern Okhotsk Sea, as observed in Summer, 1994. *PICES Scientific Report*. 1996. №6. pp. 144-149

94 Samko E., Glebova S.Y. and Petruk V.M. The influence of atmospheric processes on the water circulation off the west Kamchatka coast. PICES Scientific Report. 2004. №26. p.7-12

95 Saveliev A.V., Danchenkov M., Hong G.H. Volume transport through the La Perouse (Soya) Strait between the East Sea (Sea of Japan) and the Sea of Okhotsk. Ocean and Polar Res. 2002. Volume 24. № 2. P. 147–152.

96 Shevchenko G.V., Chastikov V.N. Experimental study of dynamic processes in Aniva Bay, Sea of Okhotsk during fall 2002. PICES Scientific Report. 2004. №26. p. 104-111

97 Shuman, F.G. Numerical methods in weather prediction: Ii. Smoothing and filtering. Monthly Weather Review. 1957. Volume 85. 357-361. doi:10.1175/1520-0493(1957)085<0357:nmiwpi>2.0.co;2.

98 Shimada Y., Kubokawa A., Ohshima K. Influence of Current Width Variation on the Annual Mean Transport of the East Sakhalin Current: A Simple Model. Journal of Oceanography. 2005. Volume 61. №5. pp. 913-920(8)

99 Simizu D., and Ohshima K. I., A model simulation on the circulation in the Sea of Okhotsk and the East Sakhalin Current. J. Geophys. Res. 2006. Volume 111. C05016

100 Simizu D., Ohshima K.I. Barotropic Response of the Sea of Okhotsk to Wind Forcing. Journal of Oceanography. 2002. Volume 58. №6. pp. 851-860(10)

101 Talley L.D. North Pacific Intermediate Water Formation and the Role of the Okhotsk Sea. PICES Scientific Report. 1996. №6. pp. 150-157

102 Talley, L.D., and Y.Nagata. The Okhotsk Sea and Oyashio Region. PICES Scientific Report. 1995. №2. 227 p.

103 Tanaka I., Nakata A. Results of direct current measurements in the La Perouse Strait (the Soya Strait), 1995-1998. PICES Scientific Report. 1999. №12. p. 173-176

104 Tachibana, Y., K. Oshima, and M. Ogi. 2008. Seasonal and interannual variations of Amur River discharge and their relationships to large-scale atmos-

pheric patterns and moisture fluxes. *J. Geophys. Res.*, 113, D16102, doi:10.1029/2007JD009555.

105 Uchimoto K., Mitsudera H., Ebuchi N., and Miyazawa Y. Anticyclonic eddy caused by the Soya Warm Current in an Okhotsk OGCM. *Journal of Oceanography*. 2007. Volume 63. p. 379-391

106 Uppala, S.M., K Allberg, P.W., Simmons, A.J., Andrae, U., Bechtold, V.D.C., Fiorino, M., Gibson, J.K., Haseler, J., Hernandez, A., Kelly, G.A., Li, X., Onogi, K., Saarinen, S., Sokka, N., Allan, R.P., Andersson, E., Arpe, K., Balmaseda, M.A., Beljaars, A.C.M., Berg, L.V.D., Bidlot, J., Bormann, N., Caires, S., Chevallier, F., Dethof, A., Dragosavac, M., Fisher, M., Fuentes, M., Hagemann, S., Holm, E., Hoskins, B.J., Isaksen, L., Janssen, P.A.E.M., Jenne, R., McNally, A.P., Mahfouf, J.F., Morcrette, J.J., Rayner, N.A., Saunders, R.W., Simon, P., Sterl, A., Trenberth, K.E., Untch, A., Vasiljevic, D., Viterbo, P., Woollen, J., 2005. The ERA-40 re-analysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 131, 2961- 3012. doi:10.1256/qj.04.176.

107 Vasiliev A.S. and Khrapchenkov F.F. Seasonal Variability of Integral Water Circulation in the Okhotsk Sea. *PICES Scientific Report*. 1996. №6. pp. 158-166

108 Vorosmarty, C.J., Fekete, B.M., Tucker, B.A., 1998. Global River Discharge, 1807-1991, V. 1.1 (RivDIS). doi:10.3334/ornl/daac/199

109 Wakatsuchi, M., and Martin S. Satellite Observations of the Ice Cover of the Kuril Basin Region of the Okhotsk Sea and Its Relation to the Regional Oceanography. *J. Geophys. Res.*, 1990. Volume 95. №C8. p. 13,393–13,410

110 Wakatsuchi M., and S. Martin. Water Circulation in the Kuril Basin of the Okhotsk Sea and Its Relation to Eddy Formation. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*. 1991. Volume 47. №4. pp. 152-168

111 Watanabe K. On the reinforcement of the East Sakhalin Current preceding to the sea ice season off the coast of Hokkaido. *Oceanogr. Mag.* 1963. Volume 14. P. 117–130

112 Webb, D.J., de Cuevas, B.A., Richmond, C.S., 1998. Improved advection schemes for ocean models. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 15, 1171-1187. doi:10.1175/1520-0426(1998)015<1171:iasfom>2.0.co;2

113 Yelland, M., Taylor, P.K., 1996. Wind stress measurements from the open ocean. *Journal of Physical Oceanography* 26, 541-558. doi:10.1175/1520-0485(1996)026<0541:wsmfto>2.0.co;2.

114 You S.H., Yoon J.H. Modeling of the Ryukyu current along the Pacific side of the Ryukyu Islands. *Pacific Oceanography*. 2004. Volume 2. P. 44-51.