

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В РАЙОНЕ ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВЫХ И СУДОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Шевченко Г.В.^{1,2}, Цхай Ж.Р.¹, Частиков В.Н.¹

¹Сахалинский филиал Всероссийского НИИ рыбного хозяйства и океанографии,
Россия, 693022, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196,
e-mail: Shevchenko_zhora@mail.ru

²Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН,
Россия, 693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1-Б

Статья поступила в редакцию 17.03.2021, одобрена к печати 14.07.2021.

В статье путем разложения по ЕОФ выполнен анализ годового хода и аномалий температуры поверхности Тихого океана (ТПО) и Охотского моря в районе южных Курильских островов. Использовались средние месячные сеточные поля ТПО с разрешением 2 км с 1998 по 2020 гг., полученные с помощью установленной в Сахалинском филиале ВНИРО приемной спутниковой станции TerraScan. Показано, что амплитуда среднего для исследуемого района и многолетнего периода годового хода ТПО составляет 7°C, тогда как амплитуда полугодового колебания – 1°C. Наиболее значимые аномалии ТПО достигали 4°C в холодном августе 2002 г. и 3°C в теплом сентябре 2012 г. Выявлен квазипериодический ход огибающей летних максимумов с периодом 4–6 лет. Показано, что однонаправленная тенденция изменений термического режима в изучаемом районе отсутствует. По данным четырех океанологических съемок, выполненных с 2006 по 2020 гг. в различные месяцы, определены сезонные вариации гидрологических условий в этом районе. Показано, что акватории Кунаширского и Южно-Курильского проливов в теплый период года заполнены теплыми и солеными водами течения Соя, а зимой и весной – распресненной модифицированной водой стока реки Амур, переносимой Восточно-Сахалинским течением. Годовые вариации солености превышают здесь 1.5 psu.

Ключевые слова: температура, соленость, южные Курильские острова, течение Соя, сток реки Амур, температура поверхности океана, естественные ортогональные функции

Введение

Зона шельфа и материкового склона, прилегающая к южным Курильским островам, имеет важнейшее промысловое значение, прежде всего, с точки зрения вылова тихоокеанских лососей, которые проходят к Сахалину через проливы южной части Курильской островной дуги, а также подходят на нерест непосредственно к островам Итуруп и Кунашир. Достаточно сказать, что на реках о. Итуруп находится существенное число рыбоводных заводов, занимающихся преимущественно разведением кеты. Здесь также добывают значительное

количество сайры, скумбрии, сардины, сельди, кальмара и других ценных видов морских биоресурсов.

По этой причине исследование особенностей гидрологического режима данной акватории, сезонной и межгодовой изменчивости океанологических условий представляет большой интерес. В конце прошлого века значительные усилия в решении данной задачи предпринимались группой под руководством профессора В.Р. Фукса, результаты этих работ обобщены в (Океанографический..., 1998; Истоки ..., 1997) и приведены в ряде статей (Бобков, 1989, 1990, 1992; Бобков, Самко, 1989; Анцулевич, Бобков, 1992). Наиболее подробно были изучены океанологические условия в районе Южных Курил в летний период, когда на изучаемый район оказывают влияние теплые и соленые (18–20°C, 33.6–34 psu) воды течения Соя (достигает максимума в августе–сентябре). В декабре–январе соленость в изучаемом районе начинает резко снижаться из-за подхода распресненной воды (менее 32.5 psu), поступающей с шельфа о. Сахалин под действием Восточно-Сахалинского течения. На океанском шельфе о. Итуруп наблюдаются воды течения Ойясио, характеризующиеся более низкой соленостью (32.9–33.1 psu) по сравнению с океанскими и достигающие своего максимума в холодный период года, в декабре–марте, когда усиливается сток из Охотского моря.

Гидрологическим условиям данной акватории посвящен также ряд работ специалистов Тихоокеанского филиала ВНИРО (Самко, Новиков, 2000; Жигалов и др., 2002; Самко и др., 2008; Новиков, Самко, 2016), которые, в силу специфики выполняемых съемок, в большей степени сосредоточены на акватории над Курильским глубоководным желобом, и главным предметом изучения в них были антициклонические вихри течения Куроисио, которые выходят к южным Курильским островам и оказывают существенное влияние на промысел сайры, кальмаров и т.д. Традиционно уделяют внимание Южно-Курильскому району и японские специалисты (Takizawa, 1982; Kashiwai, Kono, 1990; Itoh, Ohshima, 2000), ряд важных сведений приведен в известном обобщении (Гидрология..., 1998).

В данной работе рассматриваются сезонные и межгодовые вариации температуры поверхностного слоя воды в акватории, прилегающей к южным Курильским островам, как со стороны Охотского моря, так и с северо-западной части Тихого океана (СЗТО). Этот анализ основан на спутниковых данных за 1998–2020 гг., полученных при помощи установленной в Сахалинском филиале ВНИРО (СахНИРО) приемной спутниковой станции TeraScan (www.seaspace.com).

В отличие от традиционных судовых океанологических съемок, спутниковые наблюдения за температурой поверхности моря отличаются полным охватом акватории и регулярностью поступления данных наблюдений. Поэтому они являются наиболее подходящим материалом для характеристики пространственно-временных вариаций термического режима с применением современных статистических методов и существенно дополняют традиционные судовые исследования, равно как и океанологические зондирования позволяют оценить отклик на изменения

на поверхности моря, в более глубоких слоях, а также изучить особенности горизонтальных и вертикальных распределений солёности и плотности морской воды в различные сезоны года.

С этой целью в данной работе проанализированы материалы съёмок, выполненных СахНИРО, начиная с 2006 г. (в последние годы, несмотря на общее снижение числа морских экспедиций, в данном районе исследования выполнялись достаточно регулярно). Всего было выполнено 10 океанологических съёмок, включая наименее изученный холодный период года. Ими были охвачены океанский шельф о. Итуруп, Южно-Курильский пролив и узкая полоса у охотоморского побережья островов Итуруп и Кунашир. Для характеристики сезонных изменений гидрологических условий в данной работе детально рассматривались материалы четырех рейсов, которые осуществлялись в различные сроки. Отдельно рассматривались данные, полученные на стандартном океанологическом разрезе м. Анива – м. Докучаева, соединяющего юго-восточную оконечность о. Сахалин и северо-западную о. Кунашир (рассматривалась прилегающая к о. Кунашир часть разреза, 5 станций).

1. Материалы и методы

Для изучения сезонных и межгодовых вариаций термических условий в поверхностном слое воды в акватории, прилегающей к южным Курильским островам, привлекались данные спутниковых наблюдений за ТПО, полученные с использованием приемной спутниковой станции СахНИРО за 1998–2020 гг. Подробное описание этих данных приведено в (Ложкин, Шевченко, 2019). Использовался массив данных в координатах 42–47° с.ш. и 145–151° в.д., с месячным осреднением и пространственным разрешением около 2 км.

Для характеристики сезонной и межгодовой изменчивости термических условий в изучаемой акватории на основе средних месячных распределений ТПО использовался метод разложения по естественным ортогональным функциям (ЕОФ, Багров, 1959). В случае немногочисленных пропусков данных, связанных с влиянием ледяного покрова на акватории Охотского моря, недостающие значения заменялись средними многолетними для данной точки и соответствующего месяца.

Период проведения океанологических съёмок и количество выполненных станций приведены в таблице 1. Экспедиционные работы проводились в соответствии с требованиями (Руководство..., 2016), измерительная аппаратура регулярно калибровалась. STD-зондирования осуществлялись до глубины 500 м или до дна в более мелководных районах. Определение солёности по измеренным значениям электропроводности морской воды проводилось по стандартной методике, расчет плотности – по данным о температуре и солёности. Построение пространственных и вертикальных распределений гидрологических параметров, а также карт

динамической топографии осуществлялись при использовании комплекса программ для обработки океанологических данных OceanDataView (предоставлен на сайте открытого доступа: odv.awi.de). Расчет плотности морской воды по измеренным значениям.

Таблица 1. Сведения об океанологических исследованиях СахНИРО в районе южных Курильских островов

Судно	Период съемки	Кол-во станций
НИС «Дмитрий Песков»	08–13 июня 2006 г.	43
НИС «Дмитрий Песков»	13 августа – 10 сентября 2007 г.	158
НИС «Дмитрий Песков»	26 сентября – 18 октября 2008 г.	86
НИС «Дмитрий Песков»	29 октября – 25 ноября 2009 г.	110
НИС «Дмитрий Песков»	11 сентября – 09 октября 2010 г.	128
НИС «Профессор Пробатов»	06–19 октября 2011 г.	55
НИС «Дмитрий Песков»	18–27 января 2012 г.	49
НИС «Дмитрий Песков»	17 августа – 02 сентября 2014 г.	100
МРКТМ «Бухоро»	11–30 июля 2018 г.	96
НИС «Дмитрий Песков»	16 октября – 01 ноября 2020 г.	58

2. Пространственно-временная изменчивость термических условий по спутниковым данным

Для характеристики сезонных вариаций рассчитывались средние месячные значения ТПО, усредненной по всему району, а также экстремальные значения для каждого месяца. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Статистические характеристики сезонных вариаций ТПО в акватории, прилегающей к южным Курильским островам (в °С)

Месяц	Сред	Макс	Мин
Январь	1.8	2.6	0.6
Февраль	0.8	2.0	–0.2
Март	0.5	2.1	–0.6
Апрель	1.3	3.9	–0.4
Май	3.6	5.7	1.5
Июнь	7.3	9.7	5.4
Июль	11.5	13.5	10.3
Август	14.6	16.7	10.5
Сентябрь	14.1	17.2	12.3
Октябрь	11.2	12.6	9.1
Ноябрь	7.8	9.6	6.0
Декабрь	4.3	5.3	2.4

В течение всего года средние значения ТПО на изучаемой акватории положительны, несмотря на то, что она охватывает прилегающую к южным Курильским островам часть замерзающего Охотского моря. Минимальное значение достигается в марте (0.5°C), в отдельные годы отрицательные значения были зафиксированы в разные месяцы (с февраля по апрель, все отмечены в наиболее холодную зиму 2013 г.). Максимальный прогрев поверхностного слоя воды наступает в августе–сентябре (14.6 и 14.1°C), таким образом, общий размах вариаций составляет около 14°C . Эти вариации хорошо описываются суперпозицией годовой и полугодовой гармоник с амплитудами 7 и 1°C , роль более короткопериодных составляющих незначительна. В разные годы амплитуда годовой гармоника существенно варьировала – от 6.3 до 8°C .

На рис. 1а представлено пространственное распределение первой моды ЕОФ (безразмерный параметр), а на рис. 1б – ее амплитуда (в $^{\circ}\text{C}$). На эту моду приходится около 97% дисперсии ТПО в районе южных Курильских островов.

Пространственное распределение первой моды отражает основные особенности изменчивости поля ТПО в изучаемом районе. Самые высокие значения характеристики (до 10) отмечены в зоне влияния течения Соя (акватории, прилегающие к охотоморскому побережью о. Хоккайдо и о. Кунашир, в юго-западной части Южно-Курильского пролива, область в Тихом океане на юго-западе изучаемого района).

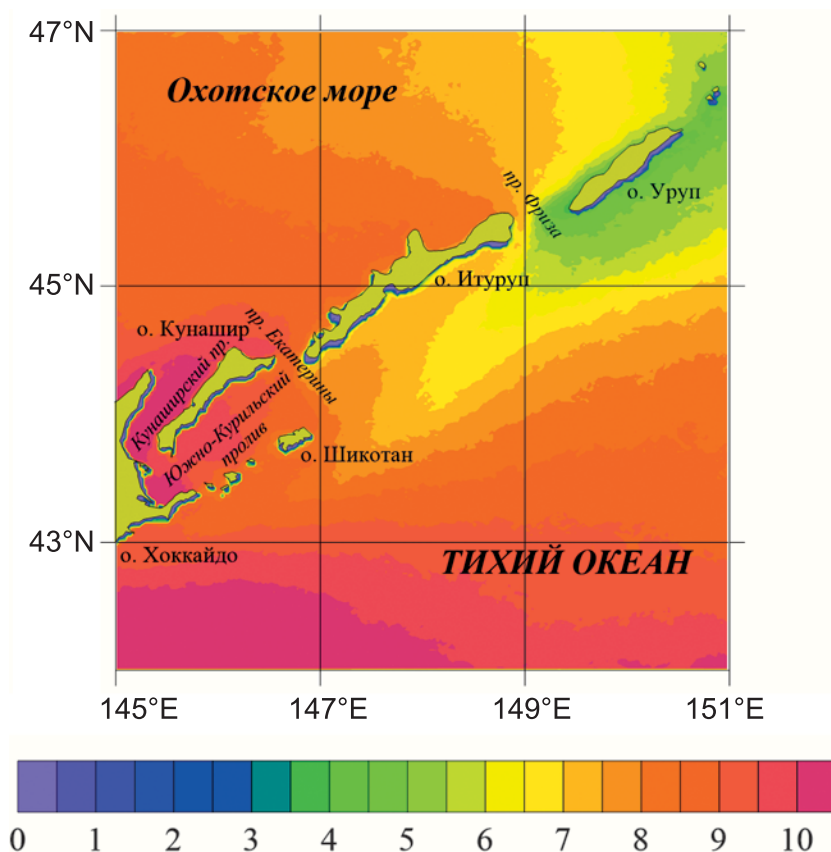


Рис. 1а. Пространственное распределение первой моды разложения температуры поверхности океана по ЕОФ (безразмерное)

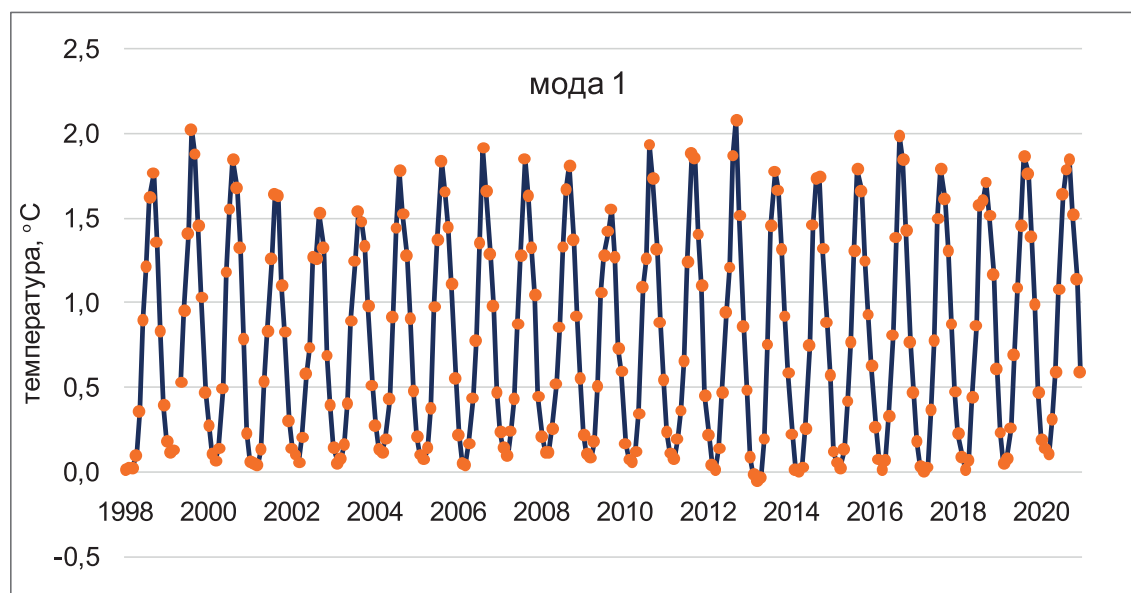


Рис. 16. Сезонные и межгодовые вариации первой моды разложения ТПО по ЕОФ (в °C)

Низкие значения (4–5) наблюдаются вблизи о. Уруп, в области, традиционно отличающейся низкими значениям ТПО, и вытянуты от нее в сторону Малой Курильской гряды (о. Шикотан и группа более мелких островов к юго-западу от него) в соответствии с движением вод холодного течения Ойясио. В прилегающей к южным Курильским островам акватории Охотского моря наблюдается уменьшение значений моды в направлении с запада на восток, в то время как со стороны Тихого океана – с юга на север. Исходя из величины амплитуды (около 2°С), в областях с высокими значениями моды величины ТПО в период максимального прогрева могут достигать 20°С, а вблизи о. Уруп – в два раза меньше. Учитывая малую вариацию зимних температур в изучаемом районе, это означает, что размах годового хода ТПО возрастает вдвое от этого острова к Кунаширскому проливу.

Амплитуда первой моды практически в точности повторяет изменения во времени средних значений ТПО (коэффициент корреляции $r = 0.998$), что неудивительно в свете ее роли в общей динамике температуры поверхностного слоя воды.

Межгодовая изменчивость термических условий определялась главным образом интенсивностью летнего прогрева – зимние температуры были в целом достаточно стабильны, за исключением необычно холодного 2013 г. Наиболее теплой была зима 1999 г. – в феврале среднее значение ТПО по району составило 1.9°С (обычно минимум достигается в марте, но в этом случае отмечено исключение).

Летние максимумы характеризовались более существенной межгодовой изменчивостью. Наиболее высокие значения ТПО отмечены в сентябре 2012 г. (17.2°С), прогрев выше 16°С наблюдался в августе 1999, 2010 и 2016 гг. Самые низкие значения максимумов зафиксированы в сентябре 2002 г. и 2009 г. (12.6 и 12.9°С), а также в августе 2003 г. (12.7°С). Для оценки межгодовых вариаций в теплый сезон были выбраны максимальные значения ТПО в различные годы – была получена огибающая, которая отражает вариации, заключающиеся в модуляции

годового хода. В этих вариациях выделяется составляющая (масштаб 5–6 лет), которая характерна для данного района (Ложкин, Шевченко, 2019).

Однонаправленная тенденция в изменениях термических условий в изучаемом районе не выявлена – положительный тренд очень мал. Это говорит о том, что глобальное потепление не проявляется в акватории, прилегающей к южным Курильским островам, по крайней мере, в повышении теплосодержания вод поверхностного слоя (незначительные коэффициенты линейного тренда были выявлены и в работе (Ложкин, Шевченко, 2020)). Это согласуется с полученными ранее результатами анализа данных ТПО за 1946–2000 гг. в северо-западной части Тихого океана и рядов наблюдений за температурой атмосферного воздуха на метеорологических станциях северо-восточной Азии (Пономарев и др., 2005).

Пространственное распределение второй моды (ее доля в общей дисперсии ТПО около 0.7%) имеет узловую линию, разделяющую области с разными знаками (выделена черным цветом на рис. 2а). Положительные значения отмечены на акватории Охотского моря (максимальные величины на северо-западе изучаемого района), в Южно-Курильском проливе и на части океанского шельфа о. Итуруп. Отрицательными значениями характеризуются воды Тихого океана, причем самые большие по величине значения моды на южной границе района, и убывают по мере приближения к Курильским островам.

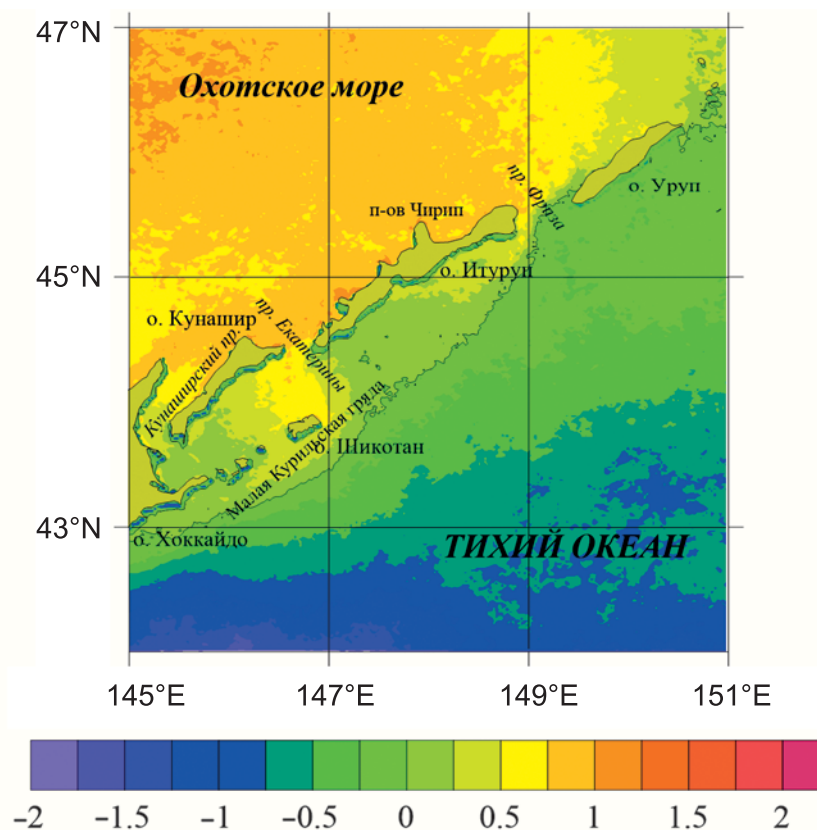


Рис. 2а. Пространственное распределение второй моды разложения температуры поверхности океана по ЕОФ (безразмерное). Черным цветом отмечено положение узловой линии

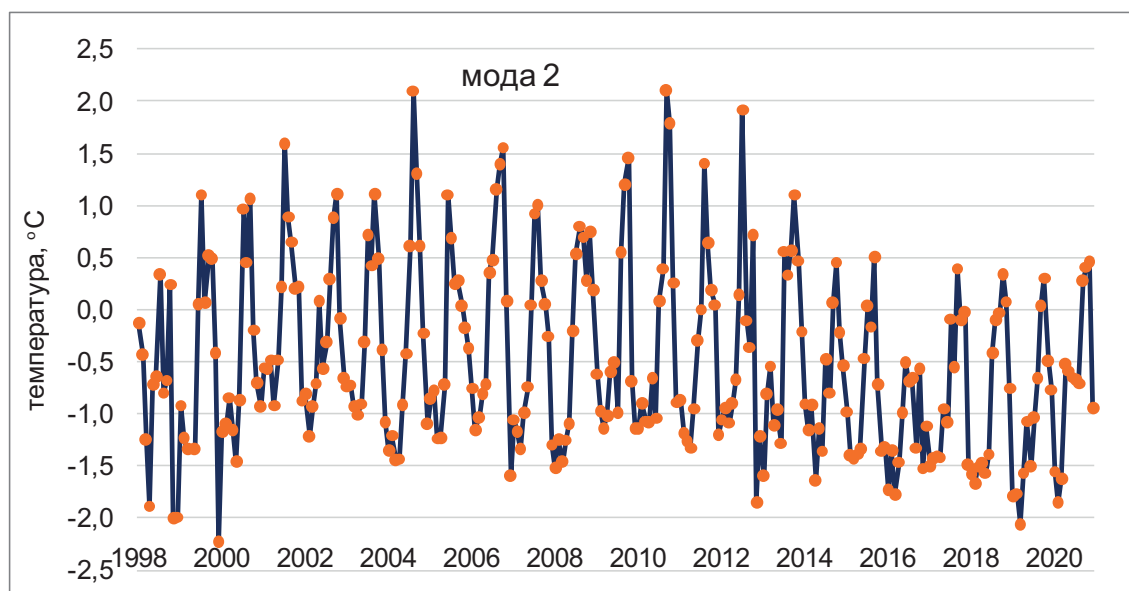


Рис. 26. Сезонные и межгодовые вариации второй моды разложения ТПО по ЕОФ (в °С)

Амплитуда второй моды также имеет выраженный сезонный характер, хотя и не такой устойчивый, как у первой (рис. 26). Максимальные положительные значения приходятся на теплый период года (июль–сентябрь, иногда октябрь), отрицательные – на холодный (декабрь–апрель). Это означает, что в областях с положительными значениями данной моды в летний период ее вклад работает на увеличение ТПО, в прилегающей северо-западной части Тихого океана – на уменьшение. В холодный период года ситуация противоположная – в Охотском море добавка отрицательная, в СЗТО – положительная, и на юге района – наибольшая.

Очень интересна межгодовая изменчивость второй моды. В конце прошлого века (1998–1999 гг.) кривая годового хода ее амплитуды лишь на несколько месяцев поднималась выше нулевой отметки, затем в течение 13 лет положительные и отрицательные значения разделялись примерно поровну, а начиная с 2013 г., вновь явно преобладали значения ниже нуля. Аналогичный характер изменений амплитуды второй моды был выявлен и в акватории, прилегающей к юго-восточному побережью о. Сахалин (Шевченко и др., 2020). Скорее всего, эти вариации отражают влияние низкочастотных колебаний, период которых, по имеющимся данным, невозможно оценить.

3. Судовые океанологические исследования в акватории, прилегающей к южным Курильским островам

Важную дополнительную информацию об особенностях сезонных вариаций гидрологических условий в изучаемом районе дают материалы, полученные в ходе морских экспедиций (при этом единственная возможность учесть влияние межгодовых вариаций была связана с оценкой аномалий ТПО по спутниковым данным во время проведения съемки). Из десяти океанологических съемок для более

детального анализа были отобраны четыре, выполненные в различные сезоны – зимой (январь), весной (июнь), летом (август–сентябрь) и осенью (октябрь–ноябрь). Для первых двух имелись материалы только одной экспедиции, причем и зимой, и весной исследования проводились на ограниченной акватории (преимущественно в Южно-Курильском проливе), в которой, причем, сезонные вариации океанологических условий наиболее значительны. Среди более многочисленных съемок, выполненных летом и осенью, предпочтение было отдано тем, в которых было выполнено наибольшее число зондирований.

Январь 2012 г.

В зимний период океанологические исследования в районе южных Курильских островов проводились очень редко, поэтому съемка, выполненная в третьей декаде января 2012 г., представляла значительный интерес. Зондирования производились на стандартном разрезе м. Анива – м. Докучаева, на нескольких станциях в Кунаширском проливе, и, главным образом, в Южно-Курильском проливе.

Распределения температуры и солености на поверхности моря (рис. 3) показывают, что в изучаемой акватории находилась холодная вода с низкой соленостью. Значения температуры морской воды в Южно-Курильском проливе изменялись от 0.2 до 1.5°C, с охотоморской стороны о. Кунашир – от –0.2 до 1°C. Показатели солености колебались в пределах 32.2–32.4 psu, на одной из станций с охотоморской стороны даже ниже 32 psu. Модифицированная вода стока реки Амур, доставляемая к южным Курильским островам Восточно-Сахалинским течением, появляется в Кунаширском проливе во второй половине декабря (Шевченко, Частиков, 2010). Данная съемка

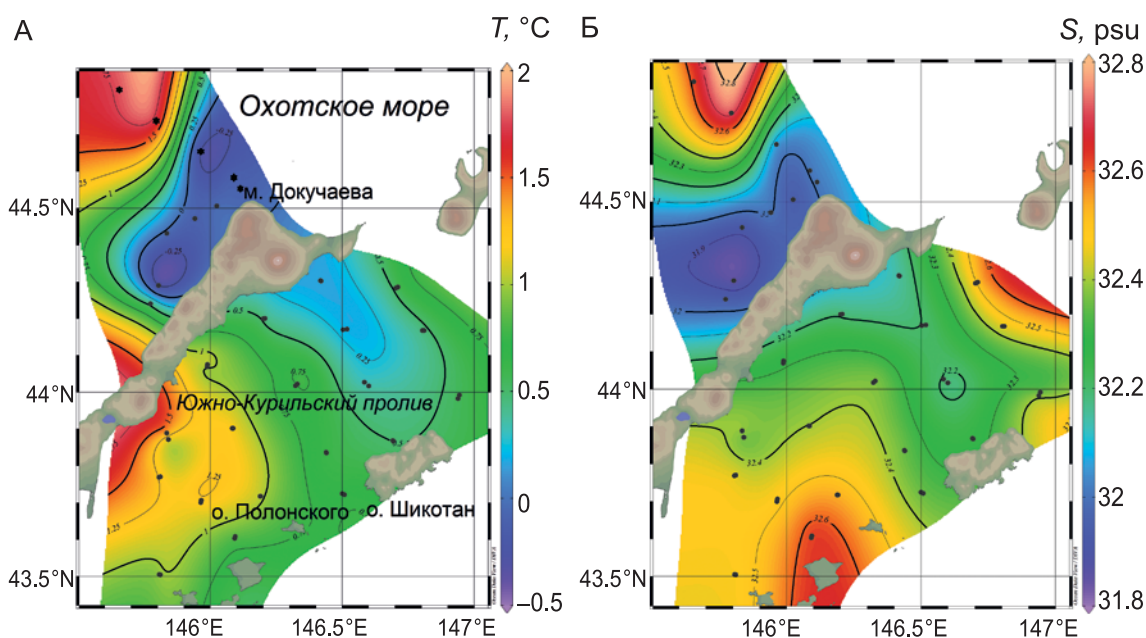


Рис. 3. Распределение температуры (А, °С) и солености (Б, psu) на поверхности моря у юго-восточного берега о. Сахалин по результатам океанологической съемки 18–27 января 2012 г. Звездочками отмечены станции стандартного разреза м. Анива – м. Докучаева

показывает, что к третьей декаде января эта вода полностью вытесняет из Южно-Курильского пролива соленую воду течения Соя. Характеристики морской воды мало менялись с глубиной, приблизительно такой же характер пространственных распределений наблюдался на всех горизонтах от поверхности до 100 м.

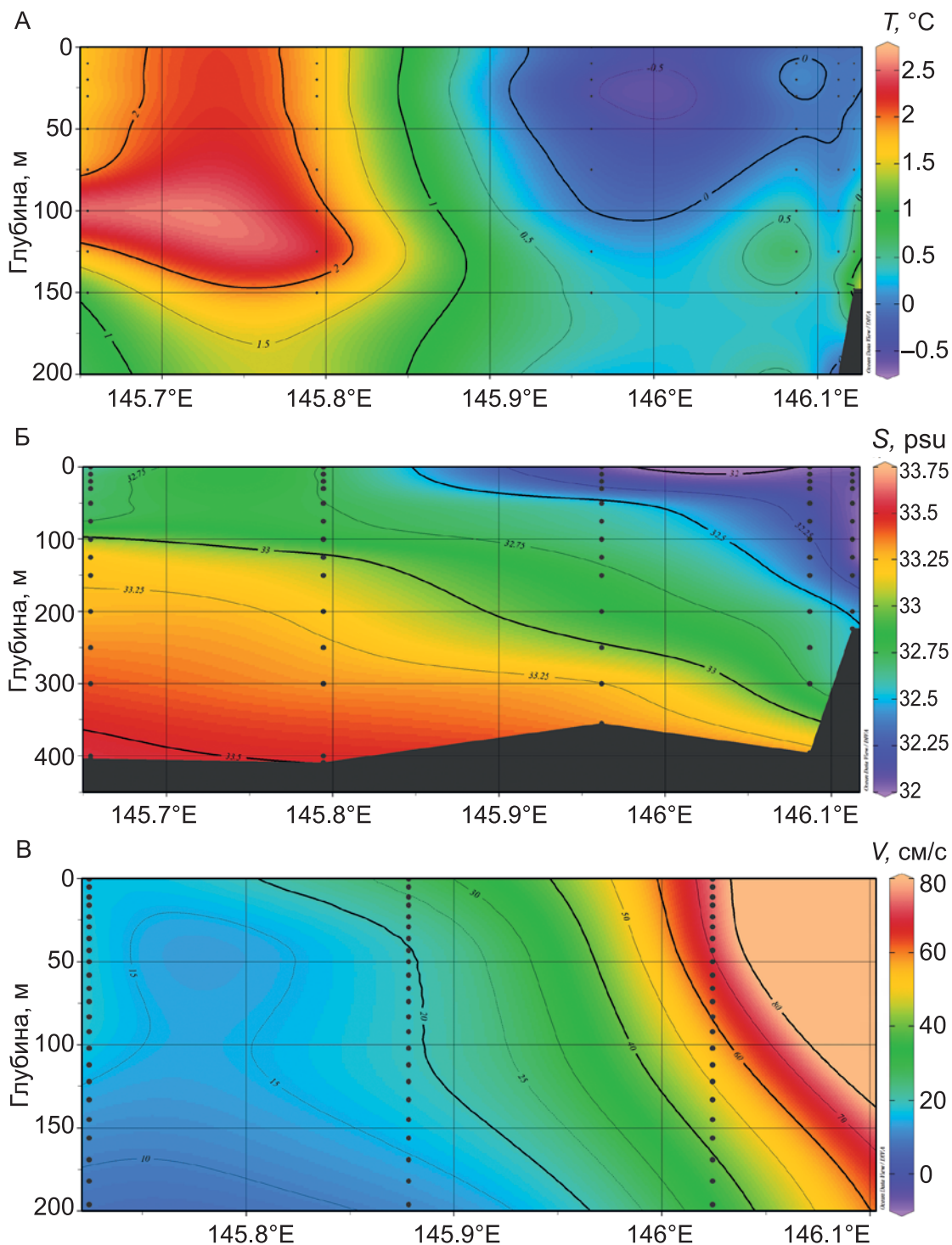


Рис. 4. Вертикальное распределение температуры (А, $^\circ\text{C}$), солёности (Б, psu,) и геострофических течений (В, см/с) в восточной части разреза м. Анива – м. Докучаева по результатам океанологической съёмки 18 января 2012 г.

Карта динамической топографии, построенная по результатам зондирований, обнаруживает заток воды из океана в южную часть Южно-Курильского пролива через проливы Малой Курильской гряды (он хорошо виден и на распределении солёности) и наличие слабо выраженного антициклонического вихря в северной его части. С охотоморской стороны о. Кунашир, из-за значительных различий океанологических характеристик на станциях стандартного разреза (минимум температуры на некотором удалении от м. Докучаева), картина потоков достаточно сложная. Выделяется заток воды низкой солёности в Кунаширский пролив, что типично для холодного периода года, и препятствие для аналогичного движения в пролив Екатерины в виде встречного потока из океана, причина которого неясна. Но на самом разрезе в поверхностном слое у берега о. Кунашир, где обычно наблюдается теплая солёная вода течения Соя, была обнаружена холодная ($-0.5 - +0.5^{\circ}\text{C}$) вода с низкой солёностью (31.9–32.5 psu), которая образовывала интенсивный прибрежный поток со скоростью до 80 см/с (рис. 4). Расчет производился динамическим методом при помощи ODV для направления, поперечного ориентации разреза. Положительные значения потока отвечают движению распресненной воды в направлении на восток-северо-восток, в сторону пролива Екатерины. В мористой части разреза вода менее холодная и более солёная (до 2°C и 32.75 psu), скорости течения здесь незначительны. Полученный результат хорошо согласуется с распределениями солёности в Курильской котловине в январе–феврале, приведенным в работе (Mensah et al., 2019), в которой на основе анализа многолетних наблюдений показано движение воды пониженной солёности с шельфа о. Сахалин в сторону южных Курильских островов. Но значения данного параметра в январе 2012 г. были существенно, примерно на 1 psu ниже, чем в указанной работе.

Июнь 2006 г.

В июне 2006 г. океанологическая съёмка охватывала акваторию Южно-Курильского пролива, несколько станций также были выполнены с тихоокеанской стороны Малой Курильской гряды, на стандартном разрезе исследования не проводились. Весенний прогрев вод пролива только начинался, наиболее теплая вода ($7-8^{\circ}\text{C}$) отмечена в юго-западной мелководной его части (рис. 5). Заток вод теплого течения Соя еще не начался, о чем свидетельствуют низкие значения солёности на этом участке акватории (менее 32 psu). По мере продвижения на северо-восток, к открытой границе пролива, температура падала до $3-4^{\circ}\text{C}$, а солёность возрастала до 32.8 psu. Отмечена также линза сравнительно холодной воды с низкой солёностью ($4-4.5^{\circ}\text{C}$, 31.8 psu) в районе бухты Южно-Курильская, которая еще более отчетливо выделяется на горизонте 10 м.

В распределении температуры эта линза еще более ярко выделяется на глубине 20 м (2°C), что было самым низким значением по всей акватории, включая открытую границу и океанское побережье о. Шикотан. Однако в солёности она уже не проявлялась, воды с наименее низкой солёностью по-прежнему находились в юго-западной мелководной части пролива.

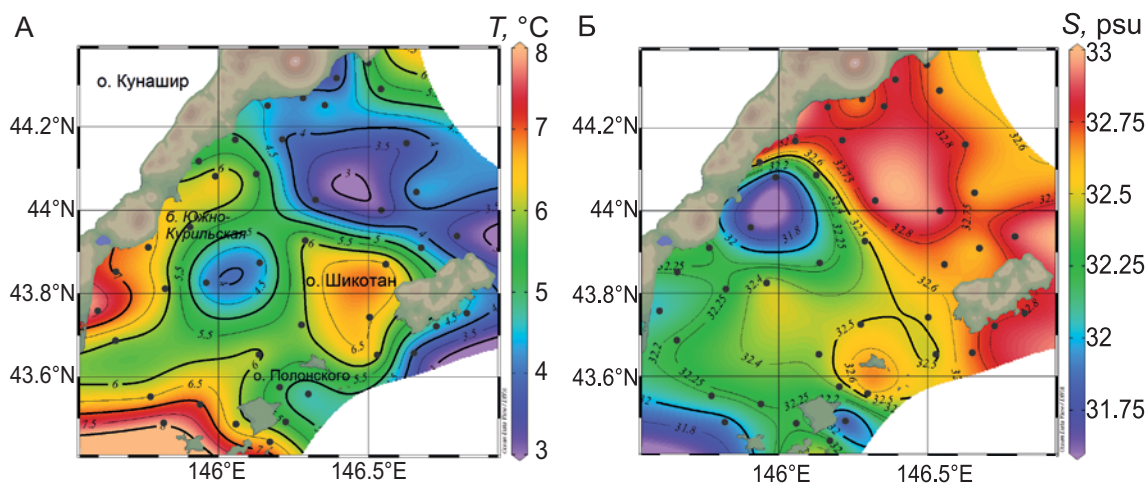


Рис. 5. Распределение температуры (А, °С) и солёности (Б, psu) на поверхности моря у южных Курильских островов по результатам океанологической съёмки 08–13 июня 2006 г.

На горизонте 30 м распределение температуры морской воды было достаточно однородным, значения данного параметра варьировали в пределах от 2 до 2.5°С, лишь в проливе между островами Шикотан и Полонского отмечена более холодная вода. Вариации солёности были существеннее – наиболее солёная вода (до 33 su) была вытянута полосой между островами Шикотан и Кунашир приблизительно вдоль меридиана 146,5° в. д. Вода с самой низкой солёности отмечена вблизи о. Кунашир в районе бухты Южно-Курильская.

На глубине 50 м (юго-западная часть пролива имеет меньшую глубину) везде наблюдалась холодная (от 1 до 2.5°С) и солёная вода (от 32.8 psu на открытой границе до 33 psu на внутренней акватории).

Наиболее существенной особенностью гидрологических условий в Южно-Курильском проливе в июне 2006 г. было заметное остаточное влияние воды низкой солёности, приносимой в холодный период года Восточно-Сахалинским течением, и отсутствие солёной воды, характерной для течения Соя. Это согласуется с приведенными в (Mensah et al., 2019) результатами анализа солёности, которая характеризуется пониженными значениями в мае–июне с охотоморской стороны южных Курильских островов. По спутниковым данным, и первая, и вторая декады июня в изучаемом районе характеризовались пониженным фоном температур.

Август–сентябрь 2007 г.

Летом 2007 г. была выполнена наиболее подробная океанологическая съёмка в изучаемом районе. Исследованиями была охвачена акватория Южно-Курильского пролива, а также шельфа и материкового склона с восточной стороны о. Итуруп. Кроме этого, несколько станций было выполнено с океанской стороны Малой Курильской гряды, а также в прибрежной зоне островов Кунашир и Итуруп (группа станций в заливах Доброе Начало и Простор), а также стандартный разрез м. Анива – м. Докучаева.

Распределения температуры и солёности на поверхности моря в период съёмки были весьма сложными (рис. 6), и, учитывая положение станций вблизи берега с охотоморской стороны южных Курильских островов, требуют весьма осторожной интерпретации. Так, наиболее теплая вода (20°C и выше) отмечена в Кунаширском проливе. При этом солёность вдоль его восточного берега была не самой высокой, около 33 psu. Вода с наиболее высокой солёностью (33.4–33.5 psu) была обнаружена в прикурильской части стандартного разреза и на станциях вблизи м. Докучаева, а также на основной части акватории Южно-Курильского пролива, включая его мелководную юго-западную часть, в которой в июне предшествующего года была отмечена вода с солёностью менее 32 psu. Температура воды в проливе составляла 17–18°C (был замечен заток более холодной воды через пролив между островами Шикотан и Полонского).

На шельфе о. Итуруп вода была существенно более холодная, около 10°C, немного теплее на юго-западе (до 12°C) и холоднее на крайнем северо-востоке (5°C). На охотоморском побережье острова наиболее холодная вода (10°C) отмечена в заливе Доброе Начало, а в районе полуострова Чирип она была более теплой, в том числе и в традиционно более холодном заливе Простор.

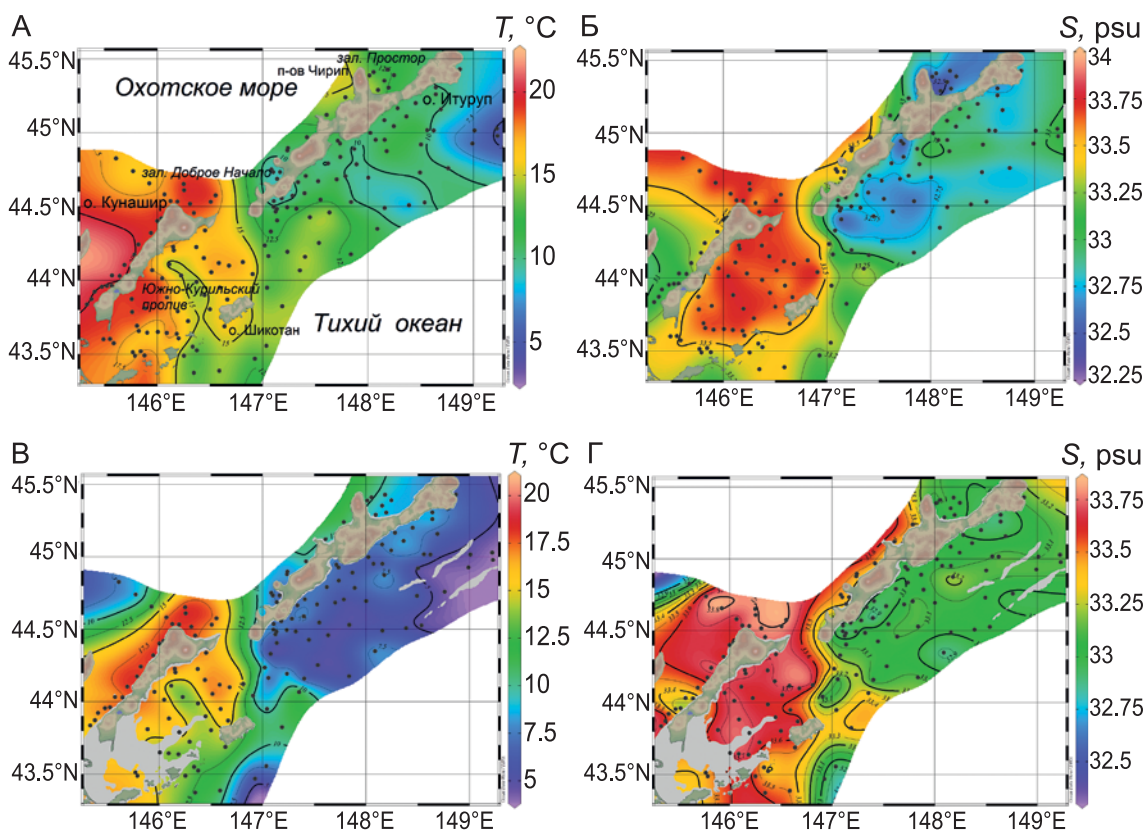


Рис. 6. Распределение температуры (А, В, °С) и солёности (Б, Г, psu) на поверхности моря (А, Б) и на горизонте 20 м (В, Г) у южных Курильских островов по результатам океанологической съёмки 13 августа – 10 сентября 2007 г.

На горизонте 10 м значения океанологических параметров и характер их пространственного распределения мало отличаются от таковых на поверхности моря. Заметно ниже только значения температуры воды на шельфе о. Итуруп (около 7°C) и более выражен заток холодной воды с северо-востока, связанный, очевидно, с течением Ойясио.

На глубине 20 м (рис. 6) поступление более холодной воды на шельф о. Итуруп с северо-востока выражено достаточно явно. Более холодная вода с относительно низкой соленостью проявляется и на мористой части стандартного разреза, что говорит о том, что поток течения Соя у северной оконечности о. Кунашир был достаточно узким. Вода с аналогичными характеристиками обнаружена также на самых удаленных от берега станциях с океанской стороны о. Шикотан. Южно-Курильский пролив, а также прибрежная зона с охотоморской стороны о. Кунашир заполнены теплой соленой водой течения Соя, несколько в меньшей степени (температуры более низкие) это относится и к зоне шельфа с западной стороны о. Итуруп, вплоть до полуострова Чирип.

Сходную картину отмечаем и на глубине 30 м. На шельфе о. Итуруп наблюдается сравнительно холодная вода (4–7°C) с соленостью 33–33.2 psu, в то время как в зоне влияния течения Соя (охотоморское побережье Кунашира, Южно-Курильский пролив) значения океанологических параметров более высокие (около 15°C, 33.6–33.7 psu).

На глубине 50 и 100 м распределения океанологических параметров идентичны. Наиболее холодная вода (2–3°C) находится на океанском шельфе о. Итуруп, наиболее теплая (8–12°C) – у охотоморского побережья о. Кунашир и в северной части Южно-Курильского пролива. На мористой части стандартного разреза наблюдается вода с близкими к нулю и даже отрицательными значениями температуры, относящаяся к холодному промежуточному слою. Распределение солености мало изменяется с глубиной и идентично распределению, наблюдавшемуся на горизонте 30 м – наиболее соленая вода находилась в зоне влияния течения Соя, менее соленая – в зоне влияния течения Ойясио, на шельфе и свале глубин о. Итуруп.

В целом, можно отметить значительное влияние теплого течения Соя, достигающего в этот период своего максимума – у охотоморского побережья о. Кунашир, в Южно-Курильском проливе и несколько более слабое – у охотоморского побережья о. Итуруп (включая Курильский залив, до полуострова Чирип). Эти выводы хорошо согласуются как с известными результатами более ранних исследований (Океанографический..., 1998; Бобков, 1989, 1990, 1992), так и с недавно выполненным анализом (Mensah et al., 2019), согласно которому соленость у охотоморского побережья островов Кунашир и Итуруп достигает максимальных значений именно в августе–сентябре. Холодное течение Ойясио сравнительно слабо проявляется летом, но его влияние явно сказывалось на океанском шельфе и свале глубин о. Итуруп.

Карта динамической топографии показывает наличие потока течения Соя вдоль побережья о. Кунашир в сторону пролива Екатерины, поворот его в пролив и, после огибания о. Шикотан, движение вдоль Малой Курильской гряды

на юго-запад. Течение Ойясио, движущееся с северо-востока, на шельфе о. Итуруп поворачивает на юго-восток – эта ветвь достаточно часто наблюдается в данном районе (Истоки..., 1997). В Южно-Курильском проливе обнаруживаются два слабо выраженных вихря различных знаков. На стандартном океанологическом

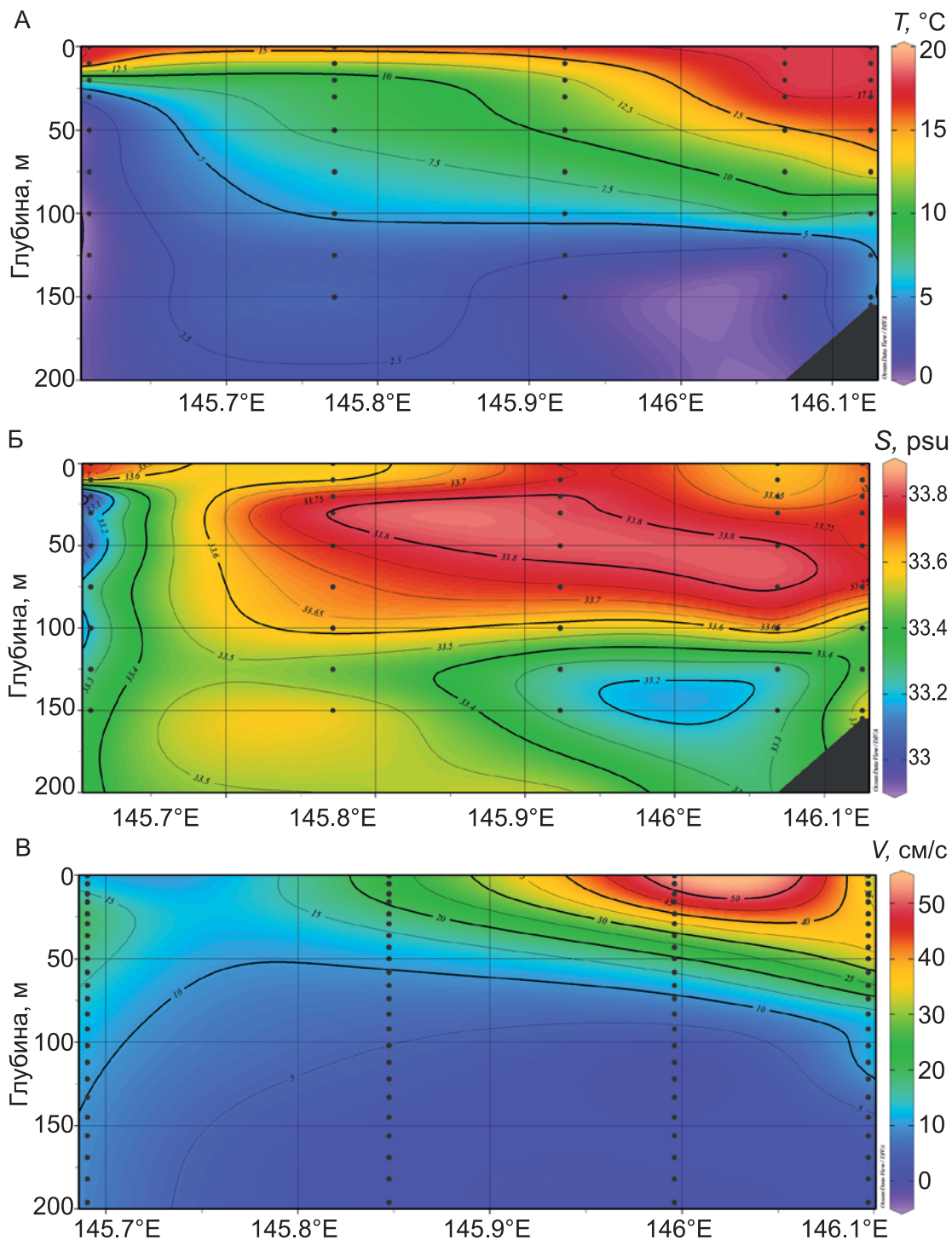


Рис. 7. Вертикальное распределение температуры (А, °С), солёности (Б, psu) и геострофических течений (В, см/с) в восточной части разреза м. Анива – м. Докучаева по результатам океанологической съёмки 10 сентября 2007 г.

разреze м. Анива – м. Докучаева теплая и соленая вода течения Соя находилась вблизи берега и была заглублена – термоклин почти на всем разрезе проходил на глубине около 100 м и только на самой удаленной станции разреза поднимался до глубины 25 м (рис. 7). Максимальная температура составляла 17–18°C, соленость – 33.8 psu. На глубине 100–200 м выделяется пятно холодной воды с относительно низкой соленостью (33 psu). Скорость прибрежного потока, оцененная по градиенту плотности, составляла около 1 узла, что говорит о высокой активности течения Соя, охватывавшего слой толщиной около 50 м. Основная ось течения находилась на некотором удалении от берега, что наблюдается редко. По спутниковым наблюдениям, в районе южных Курильских островов в третьей декаде августа наблюдался повышенный фон температуры (положительные аномалии ТПО составляли 2–3°C), за исключением океанского шельфа островов Уруп и Итуруп.

Октябрь–ноябрь 2009 г.

В конце октября – начале ноября 2009 г. океанологические исследования проводились на сетке станций, аналогичной выполненной летом 2007 г. Меньше зондирований было выполнено у охотоморского побережья островов Кунашир и Итуруп и над свалом глубин с океанской стороны последнего.

В распределении океанологических параметров на поверхности моря уже ощущалось влияние осенней перестройки (рис. 8). Теплая и соленая вода течения Соя сохранялась только в мелководной юго-западной части Южно-Курильского пролива (12°C, 33.4 psu), поток этого течения на стандартном разрезе отсутствовал, хотя обычно он прекращается позднее (Шевченко, Частиков, 2007). Некоторое остаточное влияние этой воды заметно на охотоморском побережье о. Итуруп, в частности, в заливе Простор, чего не наблюдалось летом 2007 г. Однако с уверенностью судить о распространении воды течения Соя на восток сложно, из-за малого числа станций, так как между заливом Доброе Начало и полуостровов Чирип зондирования были выполнены всего в двух точках, но подобная тенденция отмечена и при других осенних съемках. Наиболее холодная вода (6–9°C) отмечена на океанском шельфе о. Итуруп, однако различия с соседними акваториями были невелики. Также небольшая линза относительно холодной воды (около 7°C) выявлена у пролива Екатерины, с охотоморской стороны. По спутниковым наблюдениям, в Кунаширском и Южно-Курильском проливах отмечена отрицательная аномалия ТПО величиной 1–2°C, на остальной части изучаемого района значения температуры воды в поверхностном слое были близки к средним многолетним значениям.

На глубинах 10 и 20 м распределения океанологических параметров мало отличаются от рассмотренных выше на поверхности моря, даже на 20-метровом горизонте значения температуры воды снижаются незначительно, что существенно отличается от гидрологических условий в летний период для области шельфа и материкового склона о. Итуруп (для зоны влияния течения Соя выше уже отмечались незначительные вариации температуры и солености от поверхности до глубины 30–50 м). Сложно сравнивать термические условия двух различных лет, однако следует отметить, что более однородные значения температуры в осенний период

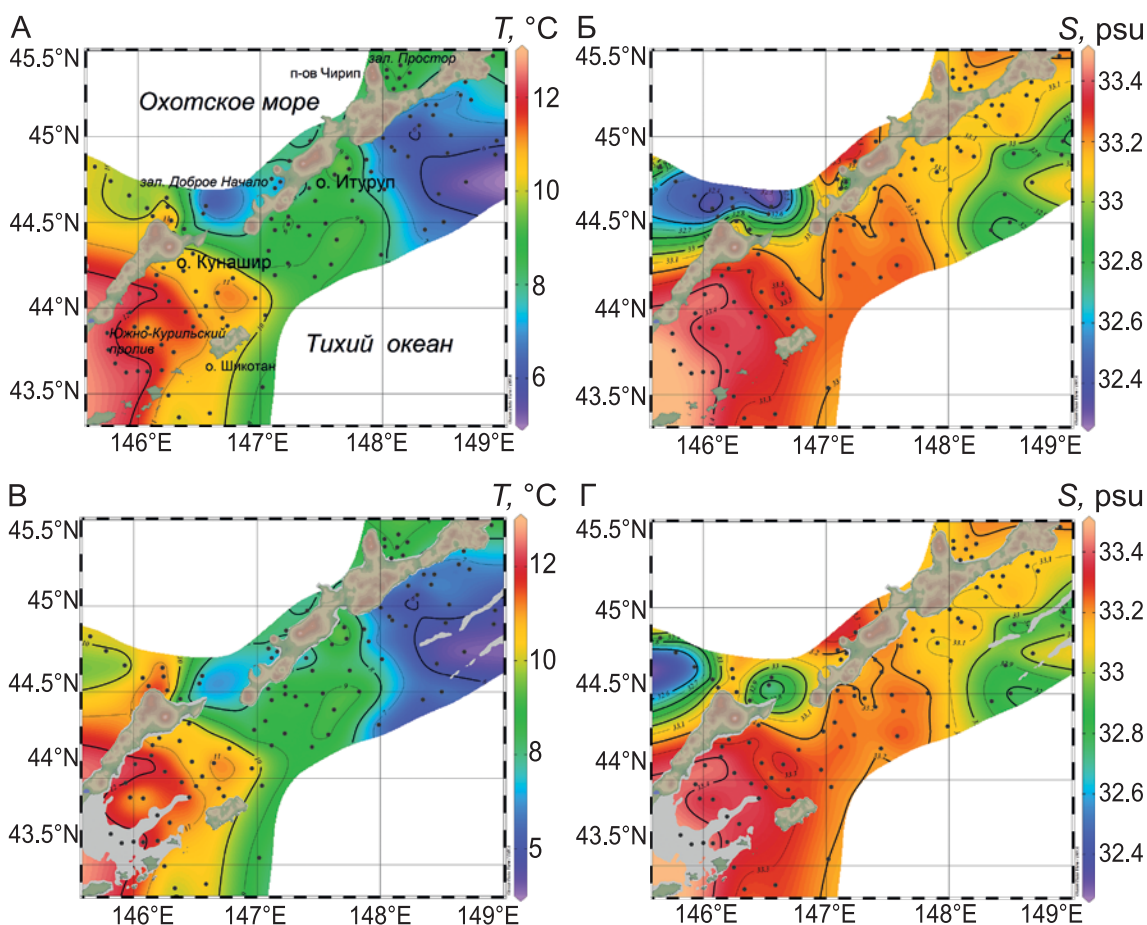


Рис. 8. Распределение температуры (А, В, °С) и солёности (Б, Г, psu) на поверхности моря (А, Б) и на горизонте 20 м (В, Г) у южных Курильских островов по результатам океанологической съёмки 29 октября – 25 ноября 2009 г.

сформировались как за счет ее снижения в поверхностном слое (примерно на 3°С по сравнению с летом 2007 г.), так и за счет более высоких значений на горизонте 20 м, хотя различия невелики и составляют 1–2°С. Вероятно, эти особенности формируются как за счет выхолаживания поверхностного слоя, так и более интенсивного в осенний период волнового перемешивания. Лишь чуть более заметное снижение температуры и повышение солёности обнаруживается на глубине 30 м, однако на шельфе о. Итуруп значения этого параметра колеблются в пределах 5–9°С, солёности – от 32.8 до 33.2 psu. Пространственная локализация вод с различными характеристиками идентична наблюдавшимся в более высоких слоях.

Практически то же самое можно сказать и о распределении температуры и солёности на глубине 50 м. В Южно-Курильском проливе температура снизилась с 12°С до 10–11°С, на океанском шельфе о. Итуруп – до 5–8°С, в заливе Простор – до 8°С. Наиболее заметно снижение температуры на мористых станциях стандартного разреза, где на этой глубине начинается вода холодного промежуточного слоя (на глубине 100 м значение параметра снижается до отрицательных). На данном горизонте на шельфе о. Итуруп температура воды практически повсеместно была

низкой (2–3°C), в то время как в Южно-Курильском проливе – более высокой (около 10°C). Интересно отметить, что на некоторых станциях в заливе Простор также отмечена теплая вода (более 7°C).

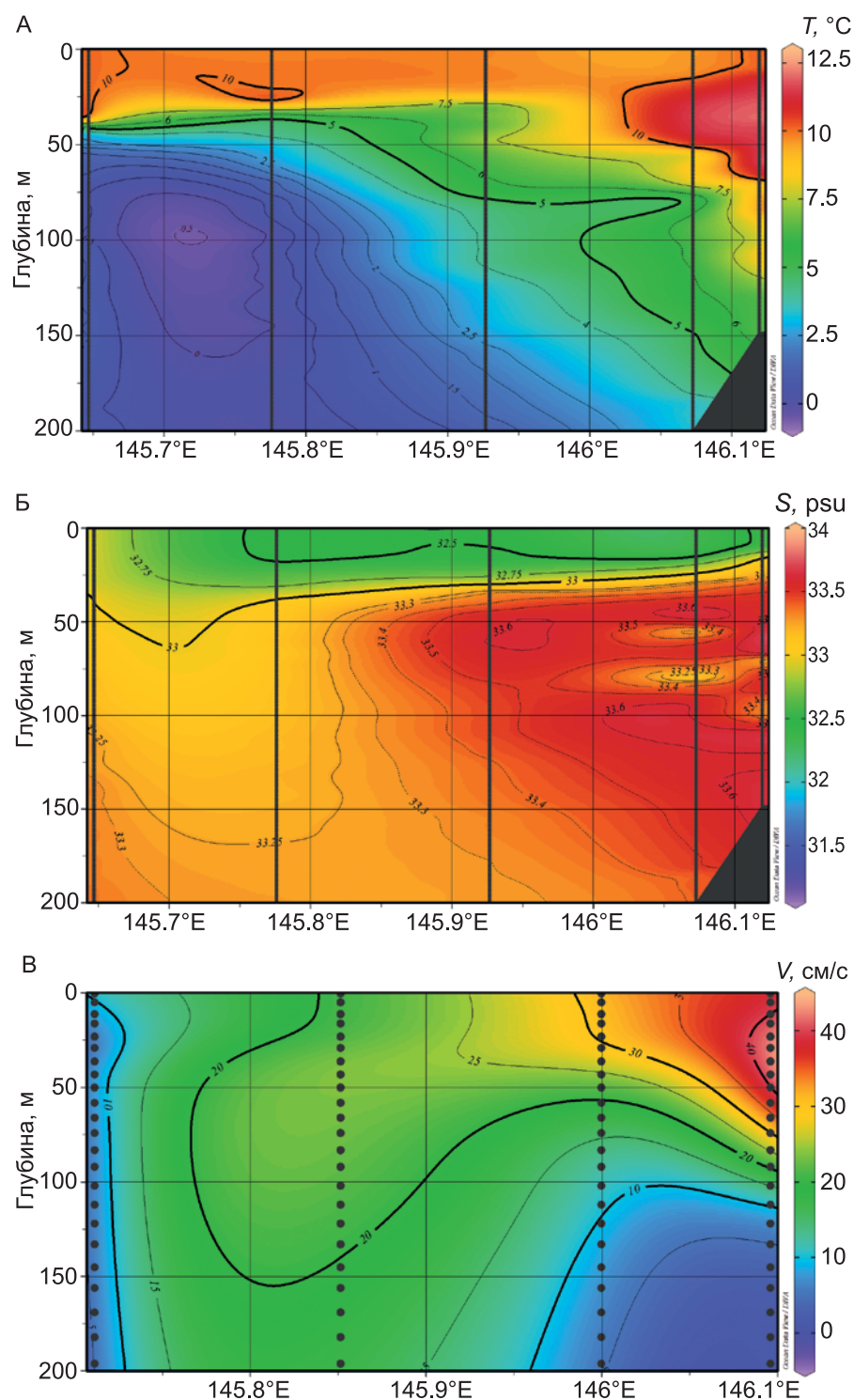


Рис. 9. Вертикальное распределение температуры (А, °С), солёности (Б, psu) и геострофических течений (В, см/с) в восточной части разреза м. Анива – м. Докучаева по результатам океанологической съемки 30 октября 2009 г.

Вертикальные распределения температуры и солености на стандартном разрезе показывают, что течение Соя к моменту съемки (30 октября) было уже в значительной мере ослаблено (рис. 9). Наиболее теплая вода (около 10°C) была в подповерхностном слое, на глубинах 15–25 м, хотя и в поверхностном слое температура не была низкой (7–8°C). Более существенным было то обстоятельство, что в поверхностном слое соленость воды была 32.5–32.6 psu, что на единицу меньше, чем в подповерхностном, где утоньшающимся в сторону открытого моря клином залегала вода течения Соя. Скорость потока была максимальна вблизи берега (около 40 см/с).

Выводы

Анализ материалов спутниковых наблюдений за температурой поверхности моря (статистическими методами и путем разложения по ЕОФ) и 10 океанологических съемок, выполненных СахНИРО в районе южных Курильских островов в последние 15 лет, позволил получить ряд новых результатов, уточняющих существующие представления о гидрологическом режиме данной акватории.

Оценена амплитуда осредненного годового хода ТПО в целом по району, составившая 7° (вклад полугодовой составляющей с амплитудой 1°C невелик), а также наиболее значимые аномалии, достигавшие 4°C в холодном августе 2002 г. и 3°C в теплом сентябре 2012 г. Выявлены вариации огибающей летних максимумов с периодом 4–6 лет, отмеченные ранее в работе (Ponomarev et al., 1999) как отклик в северной части Тихого океана на Эль Ниньо – Южное колебание, вариации минимальных значений в зимний период незначительны. Показано, что однонаправленная тенденция изменений термических условий в поверхностном слое в изучаемом районе отсутствует, что согласуется с результатами, полученными на основе более ранних наблюдений (Пonomарев и др., 2005). В пространственном отношении распределение первой моды характеризуется более высокими значениями в западной части изучаемого района, в зоне влияния теплых течений Соя и Куроисио, и более низкими на востоке, в области проявления течения Ойясио (размах годовых колебаний на шельфе о. Уруп и в Кунаширском проливе отличается в два раза). В вариациях амплитуды второй моды выделяются сложные низкочастотные вариации с низкими значениями в начале (1998–1999 гг.) и в конце периода наблюдений (с 2013 г.). Пространственное распределение этой моды имеет узловую линию, разделяющую воды Охотского моря и СЗТО.

На основе анализа материалов четырех океанологических съемок, выполненных в 2006–2020 гг. в различные сезоны, выявлены характерные особенности сезонной изменчивости в акватории, прилегающей к южным Курильским островам (оценить влияние межгодовой изменчивости по этим данным невозможно). Наиболее значительны вариации гидрологических условий зимой–весной и летом–осенью в Южно-Курильском проливе и у охотоморского побережья островов Кунашир

и Итуруп. В теплый период года указанные акватории заполняются теплыми и солеными водами, которые приносит течение Соя. Зимой и весной в этих акваториях преобладают холодные воды с низкой соленостью, которые доставляются в изучаемый район с северо-восточного шельфа о. Сахалин Восточно-Сахалинским течением. Размах колебаний солености в Южно-Курильском проливе превышает 1.5 psu, что является очень большой величиной для морских акваторий.

Еще одна важная особенность гидрологического режима заключается в уменьшении вертикальных различий в температуре морской воды осенью по сравнению с весенне-летними условиями во всем изучаемом районе, а также распространению теплой соленой воды течения Соя вдоль побережья о. Итуруп дальше на восток, прежде всего, в залив Простор, в который летом она обычно не попадает.

Полученные результаты имеют важное значение для изучения условий обитания промысловых видов рыб в районе южных Курильских островов, прежде всего, нагуливающих здесь и проходящих на нерест тихоокеанских лососей.

Литература

- Анцулевич А.Е., Бобков А.А.* Океанологические основы биогеографического районирования Южно-Курильского района // *Океанология*. 1992. Т. 32. № 5. С. 910–916.
- Багров Н.А.* Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих // *Тр. ЦИП*. 1959. Вып. 74. С. 3–24.
- Бобков А.А.* Течение Соя и его ветви // *Изв. ВГО*. 1989. Т. 121. С. 531–535.
- Бобков А.А.* О внутрисезонной изменчивости течения Соя в районе южных Курильских островов // *Вестник ЛГУ*. 1990. Сер. 7. Вып. 2. № 14. С. 105–109.
- Бобков А.А.* Течение Соя и его место в системе вод Южно-Курильского района // *Изв. РГО*. 1992. Т. 124. Вып. 5. С. 461–470.
- Бобков А.А., Самко Е.В.* Особенности гидрологической структуры вод в зоне воздействия течения Соя // *Вестник ЛГУ*. 1989. Сер. 7. Вып. 1. № 7. С. 107–112.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9: Охотское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия / ред. Глуховский Б.Х. и др. СПб.: Гидрометеоздат, 1998. 343 с.
- Жигалов И.А., Новиков Ю.В., Самко Е.В., Колосов С.В.* Гидрологические условия в районе южных Курильских островов в период максимального прогрева вод (сентябрь, 2000 г.) // *Изв. ТИНРО*. 2002. Т. 130. С. 117–123.
- Истоки Ойясио. СПб.: Гидрометеоздат, 1997. 248 с.
- Ложкин Д.М., Шевченко Г.В.* Тренды температуры поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным 1998–2017 гг. // *Исследование Земли из космоса*. 2019. № 1. С. 55–61.
- Ложкин Д.М., Шевченко Г.В.* Циклические вариации температуры поверхности Охотского моря и прилегающих акваторий по спутниковым данным за 1998–2018 гг. // *Исследование Земли из космоса*. 2020. № 4. С. 44–51.
- Океанографический Атлас Южно-Курильского района Тихого океана // СПбГУ, 1998. 218 с.
- Новиков Ю.В., Самко Е.В.* Особенности межгодовой изменчивости океанологических условий в период промысла сайры в Южно-Курильском районе в 2002–2012 гг. // *Труды ВНИРО*. 2016. Т. 164. С. 75–85.

- Пономарев В.И., Каплуненко Д.Д., Крохин В.В.* Тенденции изменения климата во второй половине 20-го столетия в Северо-Восточной Азии, на Аляске и в северо-западной части Тихого океана // *Метеорология и гидрология*. 2005. № 2. С. 15–26.
- Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. М.: ГОИН, 2016. 538 с.
- Самко Е.В., Булатов Н.В., Капиштер А.В.* Два типа антициклонических вихрей к востоку от Японии: происхождение, характеристики, влияние на промысел // *Известия ТИНРО*. 2008. Т. 154. С. 190–203.
- Самко Е.В., Новиков Ю.В.* Сезонная изменчивость термохалинных характеристик вод деятельного слоя Прикурильского района Тихого океана // *Метеорология и гидрология*. 2000. № 5. С. 87–93.
- Шевченко Г.В., Частиков В.Н.* Сезонные и межгодовые вариации океанологических условий в юго-западной части Охотского моря // *Метеорология и гидрология*. 2007. № 3. С. 69–85.
- Шевченко Г.В., Частиков В.Н.* Особенности гидрологического режима в Южно-Курильском проливе в холодный период года. Ресурсы колючего краба, перспективы использования и условия обитания в Охотском море // *Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии*. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2010. Т. 11. С. 100–117.
- Шевченко Г.В., Цхай Ж.Р., Частиков В.Н.* Особенности океанологических условий на юго-восточном шельфе о. Сахалин по данным съемок на стандартных разрезах и спутниковых наблюдений // *Океанологические исследования*. 2020. Т. 48. № 2. С. 51–68.
- Itoh M., Ohshima K.* Seasonal variations of water masses and sea level in the southwestern part of the Okhotsk Sea // *J. Oceanogr. Soc. of Japan*. 2000. Vol. 56. P. 643–654.
- Kashiwai M., Kono T.* Surface topography, sea-level difference and volume transport of the Oyashio Current // *Bull. Hokkaido National Fisheries Research Institute*. 1990. No. 54. P. 9–24.
- Mensah V., Ohshima K.I., Nakanowatari T., and Riser S.* Seasonal changes of water mass, circulation and dynamic response in the Kuril Basin of the Sea of Okhotsk // *Deep-Sea Research. Part I*. 2019. Vol. 144. P. 115–131.
- Ponomarev V.I., Trusenkova O.O., Ustinova E.I. and Kaplunenko D.D.* Interannual variations of oceanographic and meteorological characteristics in the Sea of Okhotsk // *Proc. 2nd PICES Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas*. Nemuro, 9–12 Nov., 1998. Nemuro, 1999. P. 31–40.
- Takizawa T.* Characteristics of Soya Warm Current in the Okhotsk Sea // *J. Oceanogr. Soc. of Japan*. 1982. Vol. 38. P. 281–292.

**OCEANOLOGICAL CONDITIONS IN THE AREA
OF SOUTH KURIL ISLANDS ACCORDING TO SHIP
AND SATELLITE OBSERVATIONS**

Shevchenko G.V.^{1,2}, Tshay Zh.R.¹, Chastikov V.N.¹

¹ Sakhalin branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
196, Kosomolskaya str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia,
e-mail: Shevchenko_zhora@mail.ru

² Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS,
1-B, Nauki str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

Submitted 17.03.2021, accepted 14.07.2021.

The materials of satellite observations of the sea surface temperature in the study area (1998–2020) were also analyzed by statistical methods and by decomposition according to the EOF. The amplitude of the averaged curve of the annual variation of the ocean surface temperature (SST) as a whole for the region was estimated, which was 7° (the contribution of the semiannual component with an amplitude of 1°C is small), as well as the most significant anomalies that reached 4°C in cold August 2002 and 3°C in warm September 2012. A quasiperiodic course of the envelope of summer maximums with a period of 5–6 years was revealed. It is shown that there is negligible trend in the thermal regime in the study area. Based on the analysis of materials from 10 oceanological surveys, seasonal variations in hydrological conditions in the area of South Kuril Islands were studied. It is shown that the areas of the Kunashirsky and Yuzhno-Kurilsky Straits in the warm season are filled with warm and salty waters of the Soya Current, and in winter and spring - with freshened modified water from the Amur River runoff transported by the East Sakhalin Current. Annual salinity variations exceed 1.5 psu here.

Keywords: temperature, salinity, South Kuril Islands, Soya current, Amur River runoff, sea surface temperature, empirical orthogonal functions

References

- Anculevich, A.E. and A.A. Bobkov, 1992: Okeanologicheskie osnovy biogeograficheskogo rajonirovaniya Juzhno-Kuril'skogo rajona (Oceanological basis of biogeographic zoning of the South Kuril region). *Oceanology*, **32** (5), 910–916.
- Bagrov, N.A., 1959: Analiticheskoe predstavlenie posledovatel'nosti meteorologicheskikh polej posredstvom estestvennykh ortogonal'nykh sostavljajushhih (Analytical representation of a sequence of meteorological fields by means of natural orthogonal components). *Trudy CIP*, 74, 3–24.
- Bobkov, A.A., 1989: Techenie Soja i ego vetvi (Soy Current and its branches). *Izvestia VGO*, 121, 531–535.
- Bobkov, A.A., 1990: O vnutrisезонnoj izmenchivosti techenija Soja v rajone juzhnyh Kuril'skikh ostrovov (On the seasonal variability of the Soya Current in the area of the South Kuril Islands). *Vestnik LGU*, Ser. 7, **2**(14), 105–109.
- Bobkov, A.A., 1992: Techenie Soja i ego mesto v sisteme vod Juzhno-Kuril'skogo rajona (The Soya Current and its place in the water system of the South Kuril region). *Izv. RGO*, **124**(5), 461–470.

- Bobkov, A.A. and E.V. Samko, 1989: Osobennosti gidrologicheskoy struktury vod v zone vozdeystviya techeniya Soja (Features of the hydrological structure of waters in the impact zone of Soya Current). *Vestnik LGU*, Ser. 7, 1(7), 107–112.
- Gidrometeorologiya i gidrokhimija morej*. T. 9. Ohotskoe more. Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya (Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Vol. 9. Sea of Okhotsk. Issue 1. Hydrometeorological conditions), red. B.H. Gluhovskij i dr. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 1998, 343 p.
- Istoki Ojjasio* (The origins of Oyashio). Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 1997, 248 p.
- Itoh, M. and K. Ohshima, 2000: Seasonal variations of water masses and sea level in the southwestern part of the Okhotsk Sea. *J. Oceanogr. Soc. of Japan*, 56, 643–654.
- Kashiwai, M. and T. Kono, 1990: Surface topography, sea-level difference and volume transport of the Oyashio Current. *Bull. Hokkaido National Fisheries Research Institute*, 54, 9–24.
- Lozhkin, D.M. and G.V. Shevchenko, 2019: Trendy temperatury poverhnosti Ohotskogo morja i prilegajushhih akvatorij po sputnikovym dannym 1998–2017 gg. (Surface temperature trends of the Sea of Okhotsk and adjacent areas based on satellite data from 1998–2017). *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 1, 55–61.
- Lozhkin, D.M. and G.V. Shevchenko, 2020: Ciklicheskie variacii temperatury poverhnosti Ohotskogo morja i prilegajushhih akvatorij po sputnikovym dannym za 1998–2018 gg. (Cyclic variations in the surface temperature of the Sea of Okhotsk and adjacent waters according to satellite data for 1998–2018). *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 4, 44–51.
- Mensah, V., K.I. Ohshima, T. Nakanowatari, and S. Riser, 2019: Seasonal changes of water mass, circulation and dynamic response in the Kuril Basin of the Sea of Okhotsk. *Deep-Sea Research*. Part I, 144, 115–131.
- Novikov, Yu.V. and E.V. Samko, 2016: Osobennosti mezhgodovoj izmenchivosti okeanologicheskikh uslovij v period promysla sajry v Juzhno-Kuril'skom rajone v 2002–2012 gg. (Features of interannual variability of oceanological conditions during the saury fishery in the South Kuril region in 2002–2012). *Trudy VNIRO*, 164, 75–85.
- Okeanograficheskij Atlas Juzhno-Kuril'skogo rajona Tihogo okeana* (Oceanographic Atlas of the South Kuril Region of the Pacific Ocean). Saint Petersburg, SPbGU, 1998, 218 p.
- Ponomarev, V.I., D.D. Kaplunencko, and V.V. Krohin, 2005: Tendencii izmeneniya klimata vo vtoroj polovine 20-go stoletiya v Severo-Vostochnoj Azii, na Alyaske i v severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (Climate change trends in the second half of the 20th century in Northeast Asia, Alaska and the Northwest Pacific). *Meteorologiya i gidrologiya*, 2, 15–26.
- Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v okeanah i morjah* (Guide to hydrological work in oceans and seas.). Moscow, GOIN, 2016, 538 p.
- Samko, E.V., N.V. Bulatov, and A.V. Kapshiter, 2008: Dva tipa anticiklonicheskikh vihrej k vostoku ot Japonii: proishozhdenie, harakteristiki, vlijanie na promysel (Two types of anticyclonic eddies east of Japan: origin, characteristics, impact on fishing). *Izvestija TINRO*, 154, 190–203.
- Samko, E.V. and Yu.V. Novikov, 2000: Sezonnaja izmenchivost' termohalinnykh harakteristik vod dejatel'nogo sloja Prikuril'skogo rajona Tihogo okeana (Seasonal variability of the thermohaline characteristics of the waters of the active layer of the Kuril region of the Pacific Ocean). *Meteorologiya i gidrologiya*, 5, 87–93.
- Shevchenko, G.V. and V.N. Chastikov, 2007: Sezonnnye i mezhgodovye variacii okeanologicheskikh uslovij v jugo-zapadnoj chasti Ohotskogo morja (Seasonal and interannual variations in oceanological conditions in the southwestern part of the Sea of Okhotsk). *Meteorologiya i gidrologiya*, 3, 69–85.

- Shevchenko, G.V. and V.N. Chastikov, 2010: Osobennosti gidrologicheskogo rezhima v Juzhno-Kuril'skom prolive v holodnyj period goda (Features of the hydrological regime in the South Kuril Strait during the cold season). Resursy koljuchego kraba, perspektivy ispol'zovaniya i uslovija obitanija v Ohotskom more. *Trudy Sahalinskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo hozjajstva i okeanografii*. Juzhno-Sahalinsk, SahNIRO, 11, 100–117.
- Shevchenko, G.V., Zh.R. Chaj, and V.N. Chastikov, 2020: Osobennosti okeanologicheskikh uslovij na jugo-vostochnom shel'fe o. Sahalin po dannym s'emok na standartnyh razrezah i sputnikovyh nabljudenij (Features of oceanological conditions on the southeastern shelf of Sakhalin Island according to surveys on standard sections and satellite observations). *Okeanologicheskie issledovaniya*, 48(2), 51–68.
- Ponomarev, V.I., O.O. Trusenкова, E.I. Ustinova, and D.D. Kaplunenko, 1999: Interannual variations of oceanographic and meteorological characteristics in the Sea of Okhotsk. *Proc. 2nd PICES Workshop on the Okhotsk Sea and Adjacent Areas*. Nemuro, 9–12 Nov., 1998. Nemuro, 31–40.
- Takizawa, T., 1982: Characteristics of Soya Warm Current in the Okhotsk Sea. *J. Oceanogr. Soc. of Japan*, 38, 281–292.
- Zhigalov, I.A., Yu.V. Novikov, E.V. Samko, and S.V. Kolosov, 2002: Gidrologicheskie uslovija v rajone juzhnyh Kuril'skih ostrovov v period maksimal'nogo progrevva vod (sentjabr' 2000 g.) (Hydrological conditions in the area of the South Kuril Islands during the period of maximum water warming (September 2000)). *Izv. TINRO*, 130, 117–123.