

## Особенности гидрологического режима у тихоокеанского побережья северных Курильских островов по данным судовых океанологических съемок

Г. В. Шевченко<sup>1, 2, ✉</sup>, В. Н. Частиков<sup>1</sup>, В. А. Ульченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>2</sup> Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, Южно-Сахалинск, Россия

<sup>3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

✉ Shevchenko\_zhora@mail.ru

Поступила в редакцию 30.05.2024; одобрена после рецензирования 04.06.2024;  
принята к публикации 29.01.2025.

### Аннотация

*Цель.* Изучены особенности вертикальных распределений температуры, солёности и геострофических течений на повторяющихся разрезах в разные сезоны года на основе данных океанологических съемок.

*Методы и результаты.* Проанализированы материалы семи съемок, выполненных весной (май), летом (июль – сентябрь) и осенью (ноябрь), на четырех выделенных разрезах, пересекающих шельф и материковый склон у юго-восточного берега Камчатки, Четвертого Курильского пролива и пролива Севергина. Оценены изменения поверхностного прогретого, а также холодного и теплого промежуточных слоев. Показано, что весной и осенью холодный промежуточный слой в прибрежной части разрезов занимает всю водную толщу, а в глубоководной – подстилается теплым промежуточным слоем. Осенью наблюдается заглубление верхней границы холодного промежуточного слоя, обусловленное, вероятно, ветро-волновым перемешиванием. Распресненная вода (до 31,5 ЕПС), сформировавшаяся в результате таяния ледяного покрова в Беринговом море, наблюдается у побережья Юго-Восточной Камчатки в июле, но в целом в изучаемом районе солёность достаточно высокая. Рассчитаны скорости геострофических течений, показавшие, что консолидированный поток юго-западного направления, охватывающий всю водную толщу (более выраженный над склоном), наблюдается только весной, когда, вероятно, сохраняются основные черты циркуляции зимнего периода. Летом и осенью течения разнонаправлены в разных слоях и на различных участках разрезов.

*Выводы.* В результате анализа материалов океанологических съемок показано, что подводный хребет Витязь оказывает существенное влияние на гидрологические условия в районе северных Курильских островов. В частности, в северную часть ложбины между хребтом и Курильскими островами слабо проникают воды теплого промежуточного слоя и холодный промежуточный слой развиг до глубины 500 м. Направление течений здесь часто противоположно направлению потока, формирующегося над материковым склоном. В ядрах холодного промежуточного слоя, хотя и сравнительно редко, отмечены отрицательные значения температуры морской воды. Показано, что Камчатское и Курильское течения хорошо выражены весной и ослаблены летом и осенью.

**Ключевые слова:** северные Курильские острова, температура морской воды, солёность, океанографический разрез, Камчатское течение, Курильское течение, холодный промежуточный слой, теплый промежуточный слой

© Шевченко Г. В., Частиков В. Н., Ульченко В. А., 2025

**Благодарности:** работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ ВНИРО по теме «Регулярные наблюдения за распределением, численностью, качеством и воспроизводством водных биоресурсов, являющихся объектами рыболовства, а также средой их обитания».

**Для цитирования:** Шевченко Г. В., Частиков В. Н., Ульченко В. А. Особенности гидрологического режима у тихоокеанского побережья северных Курильских островов по данным судовых океанологических съемок // Морской гидрофизический журнал. 2025. Т. 41, № 2. С. 229–246. EDN WNLYFE.

Original article

## Features of Hydrological Regime nearby the Pacific Coast of the Northern Kuril Islands Based on Ship Oceanographic Surveys

G. V. Shevchenko<sup>1, 2, ✉</sup>, V. N. Chastikov<sup>1</sup>, V. A. Ulchenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

<sup>2</sup> Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

<sup>3</sup> Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia  
✉ Shevchenko\_zhora@mail.ru

### Abstract

**Purpose.** The work is purposed at studying the features of vertical distributions of temperature, salinity and geostrophic currents on the repeated sections in different seasons based on the oceanographic survey data.

**Methods and Results.** The data of 7 surveys carried out in spring (May), summer (July – September) and autumn (November) on 4 selected sections crossing the shelf and the continental slope off the south-eastern coast of Kamchatka, the Fourth Kuril Strait and the Severgin Strait are analyzed. The changes in the surface heated layer as well as in the cold and warm intermediate ones are assessed. It is shown that in spring and autumn, the cold intermediate layer occupies the entire water column, whereas in the deep-sea part, it is underlain by a warm intermediate layer. In autumn, a deepening of the cold intermediate layer upper boundary takes place, probably due to a wind-wave mixing. The freshened water (up to 31.5 EPS) resulting from the ice cover melting in the Bering Sea is observed off the southeastern Kamchatka coast in July, but in general, the salinity in the studied region is quite high. The calculated velocities of geostrophic currents have shown that the consolidated flow directed to the southwest and occupying the entire water column (more pronounced above the slope), is observed only in spring when the main features of winter period circulation are, probably, preserved. In summer and autumn, the currents are multidirectional in different layers and at different parts of the sections.

**Conclusions.** Having been analyzed, the results of oceanographic survey data have shown that the underwater Vityaz ridge significantly impacts the hydrological conditions in the northern Kuril Islands region. In particular, the warm intermediate layer waters weakly penetrate into the northern part of the hollow between the ridge and the Kuril Islands, and the cold intermediate layer is developed up to the 500 m depth. Here the direction of currents is often opposite to that of the flow forming above the continental slope. Though rather rare, negative values of seawater temperature are noted in the cold intermediate layer cores. It is shown that the Kamchatka and Kuril currents are well pronounced in spring and weakened in summer and autumn.

**Keywords:** northern Kuril Islands, seawater temperature, salinity, oceanographic section, Kamchatka Current, Kuril Current, cold intermediate layer, warm intermediate layer

**Acknowledgements:** The work was carried out within the framework of state assignment of FSBSI VNIRO on theme “Regular observations of the distribution, quantity, quality and reproduction of aquatic bioresources that are the objects of fisheries, as well as their habitat”.

**For citation:** Shevchenko, G.V., Chastikov, V.N. and Ulchenko, V.A., 2025. Features of Hydrological Regime nearby the Pacific Coast of the Northern Kuril Islands Based on Ship Oceanographic Surveys. *Physical Oceanography*, 32(2), pp. 253-269.

## Введение

Акватория северо-западной части Тихого океана, прилегающая к северным Курильским о-вам, является одной из зон наиболее активного российского рыболовства. Здесь добывается значительное количество трески, палтусов, камбал, сайры, а также тихоокеанских лососей. Это определяет интерес к изучению особенностей океанологических, прежде всего термических условий в данном районе, которые во многом определяют условия существования морской биоты. Кроме того, этот вопрос представляет и важный научный интерес, связанный с трансформацией Камчатского течения, разделяющегося в районе Четвертого Курильского пролива на поворачивающееся в Охотское море Западно-Камчатское и продолжающее движение в юго-западном направлении Курильское течение. Вопрос о характеристиках этих течений в различные сезоны года является очень существенным, так как он не изучен пока в полной мере. К тому же на формирование течений оказывает влияние чрезвычайно сложный характер донного рельефа, в особенности к югу от Четвертого Курильского пролива, где имеется параллельный островной гряде подводный хребет Витязь. Следует учитывать также водообмен с Охотским морем через проливы Курильской островной гряды [1].

Сахалинский филиал ВНИРО выполнял океанологические съемки в данном районе сравнительно редко из-за большой его удаленности, всего трижды: в апреле 2013 и мае 2015 и 2016 гг. – в режиме сопровождения ихтиопланктонных исследований. Тихоокеанский филиал ВНИРО, напротив, регулярно выполняет здесь гидрологические зондирования, однако основное внимание при анализе полученных материалов уделялось изменениям гидрологического режима в СЗТО в условиях глобального потепления [2–4].

Наиболее подробные съемки выполнялись над материковым склоном северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в 1992–2000 гг. при научном сопровождении промышленного лова, осуществлявшегося японскими судами. Особенностью этих работ было то обстоятельство, что они проводились за пределами 12-мильной зоны Российской Федерации, то есть лишь в малой степени захватывали область шельфа. Обобщение основной части этих материалов было выполнено Г. А. Кантаковым [5], который использовал интересную идею, выделив разрез, перпендикулярный берегу о. Парамушир: вблизи него сравнительно часто выполнялись океанологические зондирования во время различных съемок. Поэтому с некоторой долей условности его можно было считать стандартным, повторяющимся. Это позволило проанализировать изменчивость средневзвешенных температуры морской воды, ее солености и геострофического потока. Среди 14 проанализированных съемок наиболее высокие значения средней скорости, характеризовавшей интенсивность Камчатского течения, отмечены в октябре 1992 г. (16 см/с) и мае 1992 и 1995 гг. (10 см/с), а самые низкие – в летние месяцы (от 1 до 5 см/с).

Наиболее детальное исследование гидрологических условий в зоне шельфа и материкового склона было предпринято в работах [1, 6, 7]. Из большого объема океанологических зондирований, выполнявшихся в рейсах ТОИ ДВО РАН, ДВНИГМИ Росгидромета и ТИНРО-центра, выбирались данные на

нескольких поперечных разрезах [6], из которых для нашей работы наибольший интерес представляли три разреза, концевые точки которых находились вблизи юго-восточной оконечности Камчатки, у Четвертого Курильского пролива и пролива Крузенштерна. Большой объем натурального материала позволил построить обобщенные вертикальные распределения температуры и солёности для различных сезонов года до глубины 5000 м.

Было показано, что на этих разрезах характер гидрологических условий сходен, вертикальная структура представлена поверхностной прогретой водной массой толщиной около 30 м, холодным промежуточным слоем (ХПС), развитым до глубины 250 м, теплым промежуточным слоем (ТПС) и глубинными водами. В холодный период года из-за выхолаживания поверхностного слоя ХПС перестает быть промежуточным, в особенности в зоне шельфа, где уже в декабре температура воды становится однородной от поверхности до дна, в то время как в глубоководной части разрезов он подстилается ТПС, который сохраняется во все сезоны.

ХПС является важной характеристикой гидрологического режима изучаемого района, как и в целом северо-западной части Тихого океана [8, 9]. Как показано в работе [10], воды ХПС и берингоморского, и охотоморского происхождения переносятся течениями вдоль Курильской островной гряды в юго-западном направлении.

В данной работе мы использовали подход, аналогичный примененному в [5, 6]: было выбрано четыре разреза на различных участках изучаемой акватории, достаточно близко к положению разрезов в работе [6] (этот выбор подробно обсуждается ниже). На этих разрезах рассматривались вертикальные распределения температуры, солёности и геострофических течений.

Отметим также работу [11], в которой рассматривались усредненные помесячно аномалии уровня поверхности (средняя динамическая топография) Охотского моря и прилегающих акваторий, включая район северных Курильских островов. Эти поверхности строились по данным альтиметрических наблюдений ИСЗ *TOPEX/Poseidon* за 10-летний период (с сентября 1992 г. по октябрь 2002 г.), и на их основе рассчитывались градиентные течения для различных сезонов года.

Наиболее интенсивна циркуляция вод в изучаемом районе в зимний период. В данной акватории вблизи берега уровень моря высокий, а в открытом океане низкий, что отвечает выраженному потоку Камчатского течения, значительная часть которого заворачивает в Охотское море (главным образом через Четвертый Курильский пролив, в меньшей степени через пролив Севергина), формируя Западно-Камчатское течение. Часть вод движется вдоль Курильской гряды в юго-западном направлении, формируя Курильское течение. Основная струя этого течения огибает подводный хребет Витязь с восточной стороны, она оттеснена в сторону глубоководного желоба от побережья островов.

Весной градиенты уровня поверхности повсеместно малы, Камчатское и Курильское течения ослаблены, Западно-Камчатское почти не просматривается. В изучаемом районе наблюдается несколько вихревых структур, создающих разнонаправленные потоки, циркуляция носит разрозненный хаотичный

характер. Летом уровень в шельфовой зоне Юго-Восточной Камчатки и северных Курильских островов ниже, чем в открытом океане и в области глубоководного желоба, но градиенты существенно меньше, чем зимой. Над материковым склоном на некотором удалении от берега формируется поток северо-восточного направления.

Осенью сохраняется летняя картина с низкими значениями уровня у берега, чему, вероятно, способствуют характерные для зимнего муссона ветры северо-западного румба. Над материковым склоном наблюдается течение, ориентированное на северо-восток. Камчатское и Курильское течения ослаблены.

Нужно учитывать, что в работе [11] рассматривались аномалии уровня поверхности, они отсчитываются от средней поверхности, которая отражает состояние постоянных течений, медленно меняющихся в течение года. Тем не менее очень интересно было сравнить эту общую картину с конкретными характеристиками вдольбереговых потоков по данным океанологических зондирований на указанных разрезах, что и составило основную цель данной работы. Это представлялось интересным даже с учетом того, что гидрологические условия, циркуляция вод и отражающие ее вариации уровня моря характеризуются существенной внутригодовой [12, 13] и межгодовой изменчивостью [14, 15], которая оказывает значимое влияние на результаты океанологических съемок. Значительное внимание уделено влиянию хребта Витязь на формирование гидрологических условий в акватории к югу от Четвертого Курильского пролива, в частности в ложбине между этим хребтом и островами Курильской гряды, что является малоизученным вопросом.

Таким образом, цель работы – изучить особенности вертикальных распределений температуры, солёности и геострофических течений на повторяющихся разрезах в разные сезоны года на основе данных океанологических съемок.

### **Материалы наблюдений и методы исследования**

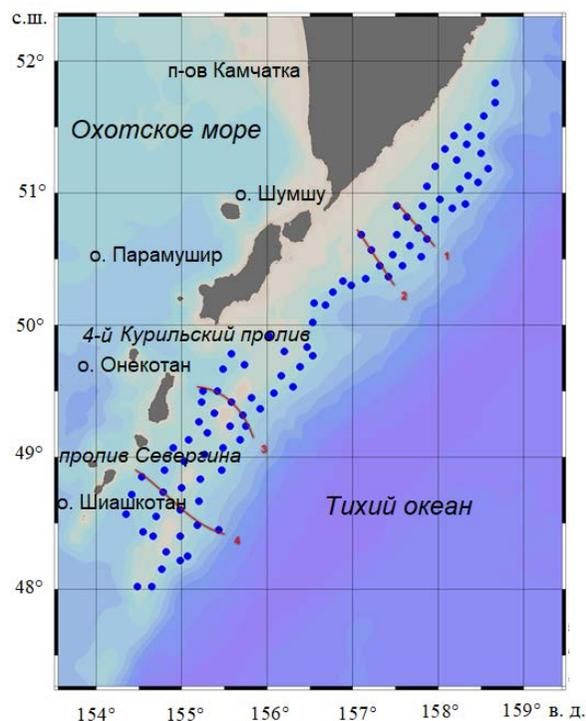
В период с 1992 по 2000 г. на шельфе и материковом склоне северных Курильских островов было выполнено 25 океанологических съемок, одна из них зимой, в декабре, и по восемь в остальные сезоны года. Зондирования выполнялись до глубины 1000 м или до дна в более мелководных районах, при помощи океанологического зонда *AlecElectronics*.

Для изучения изменчивости течений из 25 океанологических съемок были отобраны семь наиболее подробных, в которых можно было выделить несколько поперечных берегу разрезов, повторяющихся во всех этих исследованиях (таблица).

Положение разрезов показано на рис. 1 на фоне океанологических станций, выполненных в период рейса 30 апреля – 3 мая 1996 г.: два – у юго-восточного берега Камчатки, один из них у самой юго-восточной оконечности полуострова, у Первого Курильского пролива, третий – в районе Четвертого Курильского пролива, разделяющего острова Парамушир и Онекотан, и четвертый – в районе пролива Севергина между о-вами Харимкотан и Шиашкотан. Их можно считать стандартными (координаты станций были хотя и не строго фиксированными, но достаточно близкими).

**Океанологические съемки в районе северных Курильских островов**  
**Oceanographic surveys in the region of the northern Kuril Islands**

№ рейса / No. of cruise	Год / Year	Период / Period	Количество CTD-станций / Number of CTD-stations	Диапазон глубин, м / Depth range, m
1	1994	14–19 июля / July 14–19	91	189–784
2	1994	10–15 сентября / September 10–15	48	196–794
3	1995	27–30 августа / August 27–30	74	178–833
4	1996	30 апреля–03 мая / April 30 – May 03	80	197–810
5	1996	10–15 июля / July 10–15	77	200–750
6	1996	04–07 сентября / September 04–07	83	192–705
7	1998	15–26 ноября / November 15–26	100	80–683



**Р и с. 1.** Положение океанологических станций, выполненных в период 30.04.1996–03.05.1996. Красными линиями показано положение выбранных разрезов  
**Fig. 1.** Position of the oceanographic stations performed from 30.04–03.05, 1996. Red lines show the location of selected sections

Это позволило рассмотреть особенности океанологических условий и, главное, скорости и направления геострофических течений в районе северных Курильских островов в различные сезоны года (исключая зиму). Большинство отобранных съемок относились к теплому сезону, по две (в июле и сентябре) были выполнены в 1994 и 1996 гг., одна в августе 1995 г., одна весной (апрель – май 1996 г.) и одна осенью (ноябрь 1998 г.). Отметим, что сентябрь в дальневосточных морях принято относить к летнему сезону, так как термические условия в этом месяце одни из самых теплых (уступают только августу). Поэтому особенности океанологических условий в осенний период можно было рассмотреть только на материалах рейса в ноябре 1998 г. Следует отметить, что на оценки геострофических течений могут влиять сильные суточные приливные течения, которые, как показано в работе [16], наблюдаются в данном районе благодаря существованию захваченных шельфовых волн.

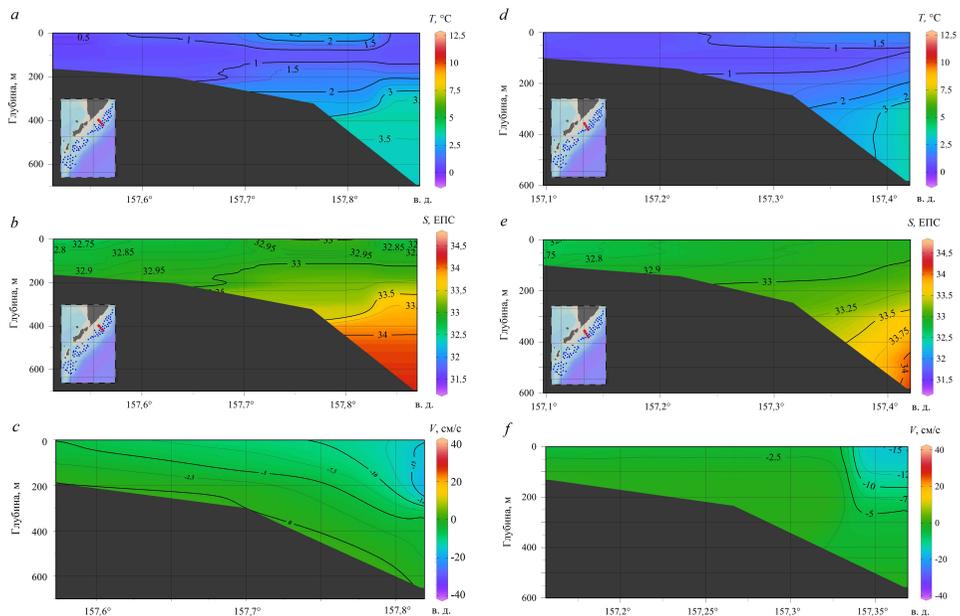
Исходя из количества съемок и их распределения по месяцам сложно было рассчитывать на серьезные выводы в отношении сезонной и межгодовой изменчивости вдольберегового потока в изучаемом районе, к тому же зондирования выполнялись за пределами 12-мильной зоны и почти не захватывали, как отмечалось выше, область шельфа. Тем не менее даже при таких ограничениях подобные оценки представляют существенный интерес. Ниже рассматриваются вертикальные распределения температуры, солености и скорости геострофических течений на указанных разрезах по результатам океанологических съемок. Эти распределения строились при помощи специализированного программного комплекса по обработке океанологических данных *OceanData-View* (URL: [odv.awi.de](http://odv.awi.de)). В этом программном комплексе характеристики течений рассчитываются на основе перепадов динамических высот между соседними океанологическими станциями. Динамические высоты рассчитывались на каждом горизонте (данные были предварительно приведены к стандартному шагу по глубине 5 м). Геострофические скорости являются репрезентативными для средней точки между двумя задействованными станциями.

Кратко остановимся на особенностях донного рельефа в изучаемом районе. Он существенно различается в северной и южных частях. В северной, прилегающей к побережью Юго-Восточной Камчатки, а также о-вов Шумшу и Парамушир, отмечен протяженный сравнительно мелководный шельф и крутой материковый склон, уходящий в глубоководный желоб. В южной у о-вов Онекотан, Харимкатан и Шиашкотан шельф приглубый и короткий, однако на удалении около 100 км имеется подводная гряда – хребет Витязь, заканчивающийся вблизи южной части о. Парамушир. Между островами и подводным хребтом имеется своеобразная ложбина, глубина в которой изменяется от 1500 м на юге до 300 м на севере. Отмеченные особенности донного рельефа оказывают существенное влияние на формирование гидрологических условий в изучаемом районе и характер циркуляции вод.

### Результаты и обсуждение

**Съемка 30 апреля – 3 мая 1996 г.** Океанологические исследования, выполненные в конце апреля – начале мая, представляли большой интерес, так как они единственные относились к ранней весне, когда еще могли сохраняться особенности циркуляции, присущие зимнему сезону. Как отмечалось

выше, именно в холодный период года интенсифицируются все звенья антициклональной циркуляционной цепи в Охотоморском регионе [11]. В частности, в изучаемом районе наблюдается устойчивый поток юго-западного направления.



**Р и с. 2.** Вертикальные распределения температуры (*a, d*) и солёности (*b, e*) морской воды, а также геострофических течений (*c, f*) на разрезах 1 (*слева*) и 2 (*справа*) в мае 1996 г.

**F i g. 2.** Vertical distributions of seawater temperature (*a, d*) and salinity (*b, e*), as well as geostrophic currents (*c, f*) on sections 1 (*left*) and 2 (*right*) in May, 1996

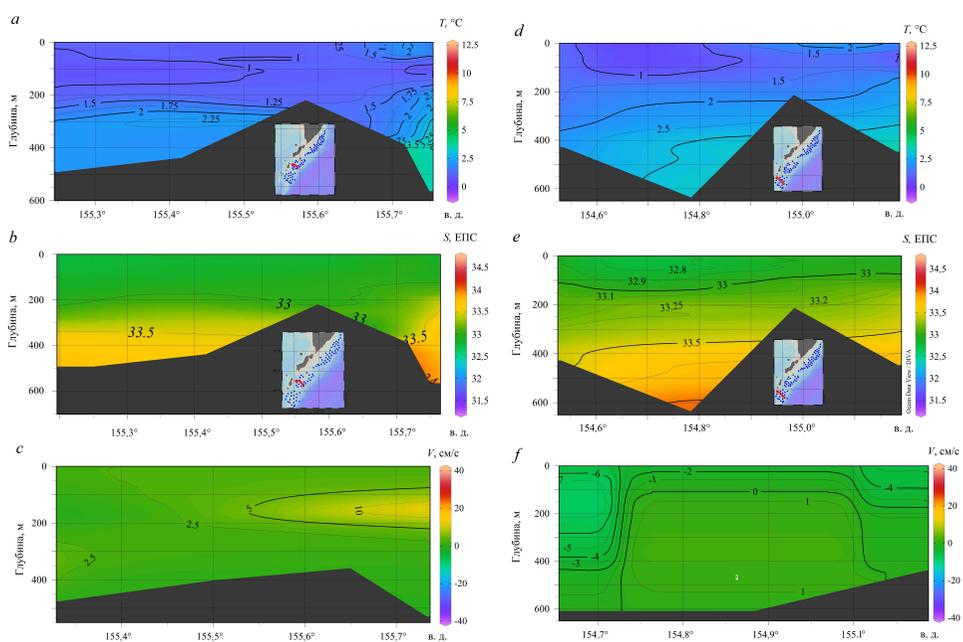
В вертикальном распределении температуры морской воды на самом северном разрезе 1 (рис. 2) просматриваются первые признаки прогрева поверхностного слоя, но только в центральной и восточной частях разреза (до 2,5 °С). ХПС хорошо выражен, хотя температура в нем на всем протяжении разреза была выше 0,5 °С. Как отмечалось в [6], в холодный период в зоне шельфа ХПС утрачивает свойства промежуточного слоя, значения температуры однородны от поверхности до дна. Однако в восточной части он подстилается ТПС и уже начинает формироваться верхний прогретый слой. Граница между ХПС и ТПС, за которую можно условно принять изотерму 3 °С, отчетливо просматривается в восточной глубоководной части разреза, она заглублена примерно до 280 м на его краю и упирается в материковый склон на глубине около 400 м. Наиболее высокие значения температуры морской воды отмечены на самой удаленной от берега станции, на глубине около 350 м (3,5 °С).

Очень низких значений солёности, которые обычно связываются с подходом распресненной воды из Берингова моря, в данном случае на разрезе не наблюдалось, очевидно она еще не успела подойти к изучаемому району в период проведения исследований. Отметим, что изогалина 33 ‰ залегала на

глубине около 100 м и опускалась до 200 м в западной части разреза. Максимальные значения солёности более 34,5 ЕПС отмечены на глубине около 600 м.

Стратификация вод была хорошо выражена, значения аномалий плотности изменялись от 26 до 30  $\text{кг}/\text{м}^3$ , при этом в нижних слоях наблюдался их уклон изоповерхности вверх в восточной части разреза. На всем его протяжении наблюдался поток южного направления с максимальными скоростями вблизи восточной границы. Скорости убывали в западном направлении и с глубиной (до нуля в придонном слое).

На разрезе 2 океанологические условия были сходны с условиями на разрезе 1 (рис. 2). В верхнем слое признаки прогрева наблюдались только в восточной части и были более слабыми, максимальная температура была около  $1,5^\circ\text{C}$ .



**Р и с. 3.** Вертикальные распределения температуры (*a, d*) и солёности (*b, e*) морской воды, а также геострофических течений (*c, f*) на разрезе 3 (*слева*) и 4 (*справа*) в мае 1996 г.

**F i g. 3.** Vertical distributions of seawater temperature (*a, d*) and salinity (*b, e*), as well as geostrophic currents (*c, f*) on sections 3 (*left*) and 4 (*right*) in May, 1996

На разрезе 3 признаки прогрева поверхностного слоя были так же слабы, как и на разрезе 2. В качестве таких признаков можно рассматривать небольшое пятно с температурой до  $3^\circ\text{C}$  в восточной части разреза (рис. 3). В ХПС минимальные температуры составляли около  $0,7^\circ\text{C}$ , более теплая вода началась с глубины 300 м, максимальные значения более  $3,5^\circ\text{C}$  выявлены вблизи восточного края разреза.

Распределение солёности сходно с ее распределениями на рассмотренных выше разрезах, очень низких значений параметра не отмечено, однако изогалина 33 ЕПС залегала несколько глубже – на глубине около 200 м. На глубинах более 350 м солёность превышала 33,5 ЕПС, а у восточной границы 34 ЕПС.

В районе подводного хребта наблюдаются вариации изотерм и изогалин, но не такие резкие, как по результатам некоторых других съемок, что обсуждается ниже. Наиболее вероятной причиной изменений океанологических параметров вблизи этой особенности донного рельефа является приливное перемешивание, так как в данном районе выявлены суточные шельфовые волны, порождающие сильные приливные течения [16].

В верхнем 200-метровом слое уклоны изопикн незначительны, они более заметны в нижних слоях, в особенности к востоку от подводного хребта. Именно здесь наблюдается хорошо выраженный поток на юг с максимальной скоростью 25 см/с вблизи границы разреза. С западной стороны этой особенности донного рельефа течения слабые, главным образом ориентированы на север, а вблизи границы разреза – в южном направлении.

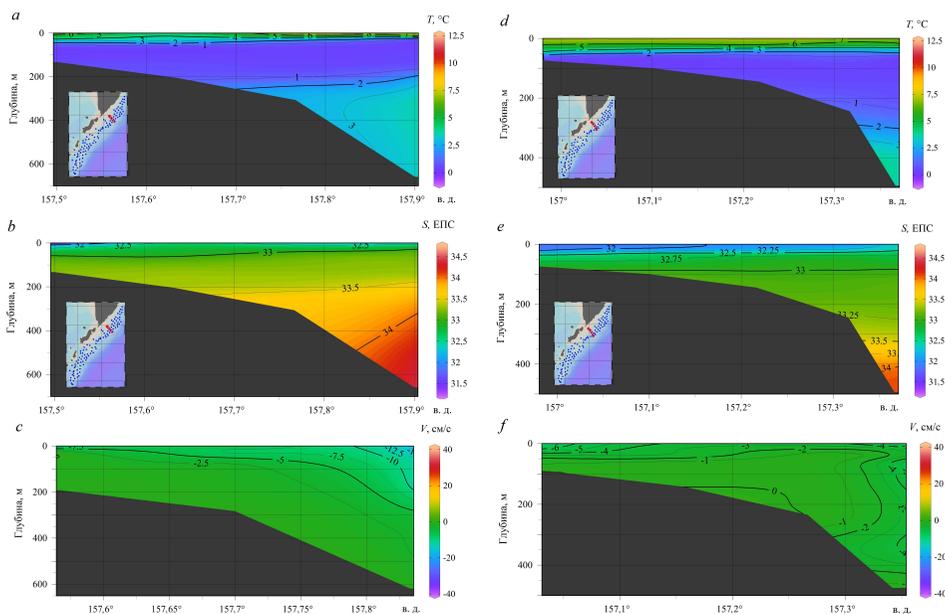
На разрезе 4 также были заметны лишь первые признаки прогрева поверхностного слоя, выделяются два небольших пятна с температурой до 1,5 °С, одно из них, на восточном краю разреза (рис. 3), заглублено до 50–80 м. В восточной части разреза холодная вода с температурой немногим менее 1 °С выходит на поверхность. Наиболее теплая вода сосредоточена в придонном слое (выше 3 °С). Скорости течений на большей части разреза были отрицательными (что отвечает южной ориентации прибрежного потока) и незначительными по величине (до 5 см/с).

Таким образом, в конце апреля – начале мая 1996 г. Камчатское течение еще сохраняло свою силу и проявлялось главным образом над материковым склоном. Интенсивность Курильского течения, также выраженного над западным склоном глубоководного желоба, существенно различалась на разрезах 3 и 4 (на последнем была более слабой), а с западной стороны подводного хребта Витязь отмечен слабый поток на север, что неплохо согласуется с результатами работы [11].

**Съемка 14–19 июля 1994 г.** В районе северных Курильских островов июль относится к началу летнего сезона, когда уже формируется тонкий поверхностный прогретый слой, но значения температуры еще далеки от максимальных отметок. Рассмотрим более подробно материалы океанологической съемки, выполненной в середине июля 1994 г.

На рис. 4. представлены вертикальные распределения температуры и солёности на разрезе 1. К середине июля тонкий поверхностный слой прогрелся до 5–6 °С. По данным съемки четко выделяется ХПС, залегающий на глубинах от 50 до 200 м, температура в нем была менее 2 °С. На глубинах более 250 м температура возрастала до 3,5–4 °С. Поверхностный слой характеризовался не только более высокими значениями температуры, но и низкой солёностью. В западной части в тонком поверхностном слое значения солёности очень низкие для изучаемого района – 31,5 ЕПС и даже меньше. Наиболее вероятная причина формирования воды низкой солёности на шельфе Юго-Восточной Камчатки – это влияние таяния льда в юго-западной части Берингова моря

и сток талой воды через Камчатский пролив. Определенную роль мог играть сток рек полуострова, однако устье основной реки Камчатки находится достаточно далеко от рассматриваемого разреза, поэтому влияние данного фактора менее вероятно. Изогиала 33 ЕПС залегала на глубине 60–65 м в западной (прибрежной) части разреза и поднималась до 50 м в восточной. На глубинах более 200 м отмечена соленая вода (более 33,5 ЕПС).



**Р и с. 4.** Вертикальные распределения температуры (*a, d*) и солёности (*b, e*) морской воды, а также геострофических течений (*c, f*) на разрезах *1* (слева) и *2* (справа) в июле 1994 г.

**F i g. 4.** Vertical distributions of seawater temperature (*a, d*) and salinity (*b, e*), as well as geostrophic currents (*c, f*) on sections *1* (left) and *2* (right) in July, 1994

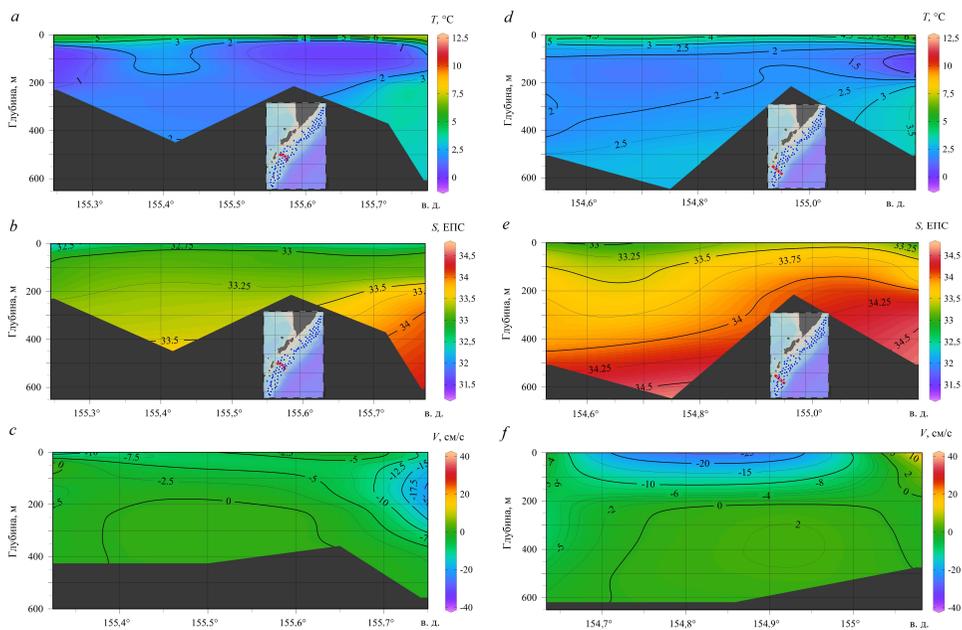
Расчет течений показал, что на всем разрезе наблюдается поток южного румба, максимальные скорости которого (до 10 см) отмечены на глубинах 100–250 м вблизи восточного края разреза, над материковым склоном, ее значения быстро убывали с глубиной, а также в направлении с востока на запад.

На разрезе *2* характер вертикальных распределений температуры и солёности сходен с рассмотренным выше на разрезе *1* (верхний прогретый слой, хорошо выраженный ХПС, распресненная вода в поверхностном слое), прежде всего в западной части разреза (рис. 4).

На краях разрезов и на глубине более 200 м (в мелководной части разреза более 150 м) потоки ориентированы на юг, в центральной части разреза в верхнем 150-метровом слое – на север. Здесь отмечены максимальные скорости около 5 см/с, южная составляющая максимальна у западного края разреза (до 8 см/с). В основном же скорости течений малы и не превышали 2 см/с.

На разрезе *3* характер распределений температуры и солёности отличается от рассмотренных выше на разрезах, относившихся к юго-восточному

побережью Камчатки (рис. 5). Здесь более теплая и менее соленая вода выявлена в восточной части разреза, в целом влияние хребта на распределение океанологических параметров очень выражено. При этом между о-вом Онекотан и хребтом Витязь ТПС практически отсутствует, ХПС достигает глубины около 500 м (его ядро с отрицательными значениями температуры морской воды находилось над хребтом). Изогалина 33 ЕПС проходила почти параллельно изотерме 4 °С, но на чуть большей глубине. Высокие значения солености к западу от подводного хребта не позволяют связать значительную толщину ХПС с влиянием охотоморской воды, соленость которой не достигает таких отметок.



**Р и с. 5.** Вертикальные распределения температуры (*a, d*) и солености (*b, e*) морской воды, а также геострофических течений (*c, f*) на разрезах 3 (*слева*) и 4 (*справа*) в июле 1994 г.  
**F i g. 5.** Vertical distributions of seawater temperature (*a, d*) and salinity (*b, e*), as well as geostrophic currents (*c, f*) on sections 3 (*left*) and 4 (*right*) in July, 1994

В восточной части разреза наблюдался однородный поток на юг, наибольшие скорости (до 15 см/с) имели место в диапазоне глубин от поверхности до 250 м. В западной и центральной частях прибрежный поток ориентирован на север, максимальные скорости достигали 10 см/с.

На самом южном разрезе 4 были отмечены самые низкие значения температуры и высокие значения солености морской воды. В тонком прогретом поверхностном слое температура колебалась от 3 до 4 °С и только на самой восточной станции достигала 6 °С. ХПС имел значительную толщину, в особенности в западной части разреза (диапазон глубин от 50 до 500 м). В восточной части его нижняя граница изменялась от 300 до 200 м в направлении океана, наиболее холодная вода с температурой менее 1 °С отмечена на крайней восточной станции. На этой же станции в поверхностном слое наблюдалась

и наименее соленая вода (до 32,5 ЕПС), хотя в целом на разрезе преобладала вода с соленостью более 33,5 ЕПС, а на глубине более 300 м – более 34 ЕПС. На краях разреза наблюдались потоки на север, причем в западной части поток весьма интенсивен, его скорость достигала 20 см/с (в восточной до 5 см/с). В центральной части разреза выявлено течение, ориентированное на юг. На глубине более 200 м течения незначительны, за исключением западного края разреза.

**Съемка 10–15 июля 1996 г.** Еще одна съемка была выполнена примерно в те же сроки в 1996 г. В вертикальном распределении температуры морской воды на разрезах 1 и 2 выделяется тонкий слой, прогретый до 6–7 °С, характеризовавшийся также низкими значениями солености, менее 32,5 ЕПС. На всем разрезе наблюдался поток южного румба с небольшими скоростями, возраставшими до 10 см/с у его восточной границы.

Вертикальные распределения температуры и солености на разрезе 3 испытывали заметное влияние подводного хребта. Тонкий прогретый слой над ним почти отсутствовал, ХПС имел большую толщину в западной части разреза, где изотерма 2 °С проходит вблизи дна. В восточной части изотерма 3 °С, принятая нами за нижнюю границу ХПС, поднималась к краю разреза с глубины около 300 до 200 м. Геострофические течения были разнонаправленными – на север в западной и на юг в восточной части разреза.

На разрезе 4 термические условия были более холодными, чем на других участках изучаемого района. Прогретый слой имел максимальную толщину и значения температуры (до 4 °С) в западной части разреза. По краям разреза наблюдались потоки северного румба, более выраженные в западной части разреза, максимальная скорость достигала 20 см/с. На глубине около 200 м скорость течения падала до нулевой отметки.

**Съемка 27–30 августа 1995 г.** Три съемки можно отнести к периоду максимального прогрева вод в изучаемой акватории: они были выполнены в конце августа 1995 г., а также в первой декаде сентября 1996 г. и второй – 1994 г. Летом 1995 г. на поверхности моря почти во всем изучаемом районе отмечены высокие для него значения 11–12 °С, за исключением участка, прилегающего к проливу Севергина, где проходит разрез 4. Однако прогретый слой был очень тонким, около 10 м, а под ним находился хорошо выраженный ХПС, границы которого на северных разрезах находились на глубинах около 15 и 250 м. По всей их протяженности отмечена полоса с отрицательными значениями температуры, что наблюдается достаточно редко и было неожиданным для периода максимального прогрева воды. Отметим, что и по результатам более фрагментарной съемки в мае 1995 г. на большинстве станций также была выявлена вода с отрицательными значениями температуры в слое 20–100 м, вероятно зима этого года в северо-западной части Тихого океана была аномально холодной. Геострофические течения были разнонаправлены в центральной и восточной частях разреза, их скорости невелики.

На южном участке изучаемой акватории, на разрезах 3 и 4, также были выявлены ядра ХПС с отрицательными значениями температуры, располагались они на краях разрезов. В более глубоких слоях относительно теплые воды

были сосредоточены у восточной и западной границ разрезов и у западного склона хребта Витязь. ТПС в ложбине отсутствовал, изотерма  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  достигала дна.

У западного края отмечен слабый поток южного направления, в центральной и восточной частях (по разные стороны от хребта) – северного. В районе поднятия скорость течения была близка к нулю.

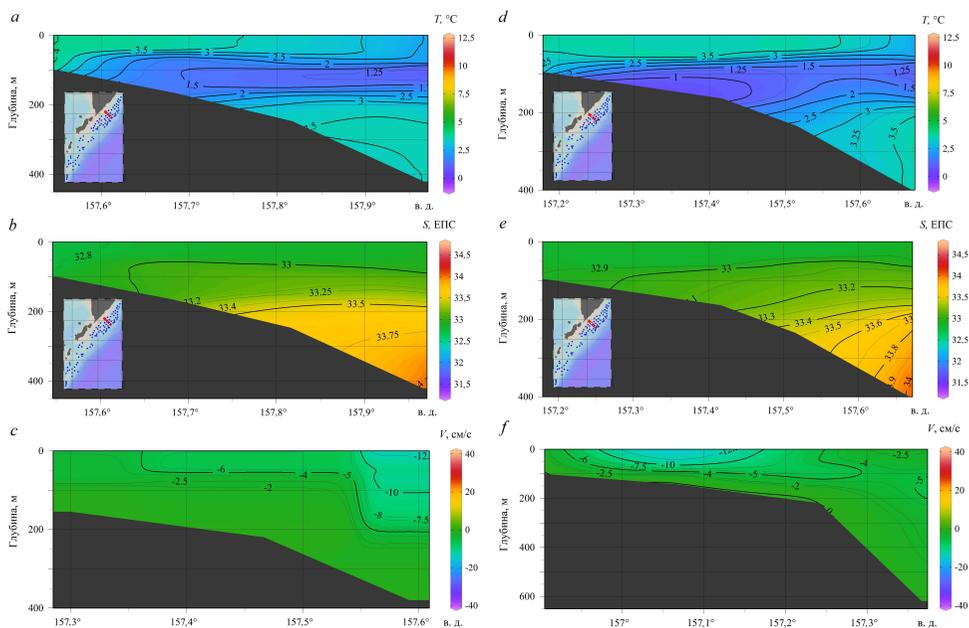
**Съемка 4–7 сентября 1996 г.** В первой декаде сентября 1996 г. термические условия в изучаемом районе были необычно холодными для этого времени года – это была главная особенность, выявленная по результатам океанологической съемки. Прогретый слой был очень тонким, почти отсутствовал в западной части разрезов 1 и 2 и был слабо выражен в восточной части разрезов 3 и 4 (максимальная температура во всем районе около  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Толщина ХПС уменьшалась в направлении открытого океана, на южных разрезах к западу от поднятия он достигал дна (ТПС отсутствовал).

В западной части разрезов 3 и 4, в ложбине между хребтом Витязь и Курильскими о-вами, наблюдался выраженный поток на юго-запад, в остальных случаях скорости течений были невелики.

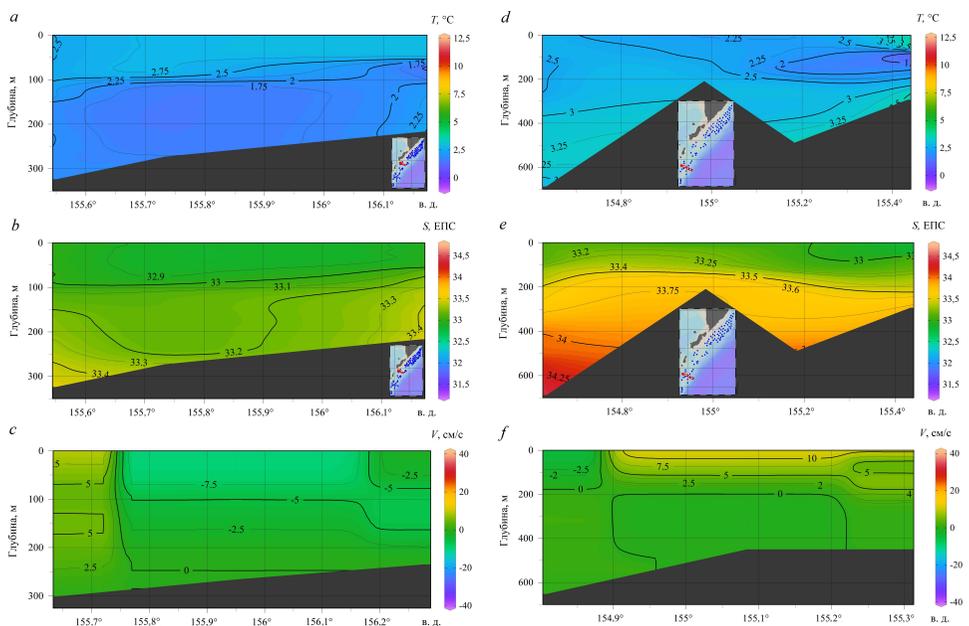
**Съемка 10–15 сентября 1994 г.** Температура морской воды во второй декаде сентября имела сложный характер пространственного распределения в поверхностном слое: на разрезе 1 более теплая вода была выявлена вблизи берега, в то время как на остальных – в глубоководной части разрезов. С глубиной пространственные различия уменьшались, ХПС в северной части района занимал обычное положение на глубинах от 50 до 250 м. На разрезе 3 к западу от хребта Витязь он распространялся до дна, на разрезе 4 до глубины 500 м и подстилался ТПС. На восточной границе южных разрезов в ядре ХПС отмечены отрицательные значения температуры. Распределения солёности были обычными, течения были разнонаправленными и небольшими по величине.

**Съемка 15–26 ноября 1998 г.** Результаты зондирований, выполненных во второй половине ноября, в наибольшей степени относились к холодному сезону среди материалов рассматриваемых экспедиций, поэтому они представляли особый интерес. Вертикальное распределение температуры морской воды на разрезах 1 и 2 (рис. 6) показывает, что поверхностный слой был выхоложен до  $2,5\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (значения параметра возрастали с востока на запад). ХПС был хорошо развит и занимал толщу воды на обычных глубинах от 50 до 200 м. Температура в ядрах была немного выше обычного – более  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Распределение солёности характеризовалось сравнительно невысокими значениями параметра. Так, изогалина 33 ЕПС залегала достаточно глубоко (70–80 м), а в западной части разреза значения солёности были выше этого показателя. Изогалина 34 ЕПС проходила на глубине более 400 м, лишь на небольших участках разрезов значения параметра были выше этой отметки. Течения были ориентированы на юго-запад на всей площади разрезов, но их скорости были сравнительно невелики. Это говорит о том, что активизация Камчатского течения еще не произошла к моменту проведения съемки.



**Р и с. 6.** Вертикальные распределения температуры (*a, d*) и солёности (*b, e*) морской воды, а также геострофических течений (*c, f*) на разрезах 1 (*слева*) и 2 (*справа*) в ноябре 1998 г.  
**F i g. 6.** Vertical distributions of seawater temperature (*a, d*) and salinity (*b, e*), as well as geostrophic currents (*c, f*) on sections 1 (*left*) and 2 (*right*) in November, 1998



**Р и с. 7.** Вертикальные распределения температуры (*a, d*) и солёности (*b, e*) морской воды, а также геострофических течений (*c, f*) на разрезах 3 (*слева*) и 4 (*справа*) в ноябре 1998 г.  
**F i g. 7.** Vertical distributions of seawater temperature (*a, d*) and salinity (*b, e*), as well as geostrophic currents (*c, f*) on sections 3 (*left*) and 4 (*right*) in November, 1998

В южной части изучаемого района поверхностный слой был выхоложен еще сильнее, до 2–3 °С, на большей части разреза 4 ХПС выходил на поверхность, а на разрезе 3 достигал дна, ТПС отсутствовал (рис. 7). Значения солености были сравнительно низкими, лишь на самых глубоких участках у краев разреза были отмечены показатели около 33,4 ЕПС. На основной части разреза значения параметра изменялись в довольно узких пределах – от 32,8 до 33,2 ЕПС. Течения были разнонаправлены, их скорости сравнительно невелики. Осенне-зимняя активизация Курильского течения, как и Камчатского, еще не произошла.

Подведем итоги проведенному исследованию, направленному на определение интенсивности Камчатского течения у юго-восточного берега Камчатки и в зоне его трансформации в Курильское течение. На разрезах 1 и 2, характеризующих собственно состояние Камчатского течения перед областью его дивергенции, можно сказать, что наиболее выраженный его поток наблюдался в конце апреля – начале мая, ожидаемой активизации во второй половине ноября 1998 г. не отмечено. В июле также сохранялось движение на юг, а в период максимального прогрева, в августе – сентябре, геострофические течения были слабы или даже ориентированы на север на некоторых участках разрезов. Как правило, основная струя течения наблюдалась над материковым склоном в восточной части разрезов.

В южной части изучаемого района существенное влияние на характер Курильского течения оказывал донный рельеф, в частности хребет Витязь, по разные стороны которого океанологические условия заметно различались. В частности, в ложбине между этим хребтом и островами слабо проявляется ТПС. В ее северной части, на разрезе 3, в большинстве случаев ХПС достигал дна, то есть глубины около 500 м, что значительно больше, чем в районе Камчатки. В южной части этой ложбины, на разрезе 4, ТПС присутствует, но также выражен слабее, чем над материковым склоном.

Течения в большинстве случаев были разнонаправленными по разные стороны хребта. Наиболее выраженный поток южного направления был отмечен в мае 1996 г. в восточной части разреза. Близкая, возможно, еще более сложная картина распределения океанологических параметров и скоростей течений характерна для самого южного разреза 4. Это согласуется с результатами анализа, основанного на данных спутниковой альтиметрии [11], который выявил сложный характер Курильского течения, разделяющегося на несколько разнонаправленных струй и не образующего консолидированного потока, за исключением зимнего сезона.

### **Заключение**

На основе материалов океанологических съемок, выполненных в ходе семи рейсов, по четырем повторяющимся разрезам выявлены особенности гидрологического режима в малоизученном районе у тихоокеанского побережья северных Курильских о-вов. Это позволило уточнить существующие представления и получить новые результаты.

На шельфе всю водную толщу в теплый период года занимает ХПС, преимущественно берингоморского происхождения, температура которого в ядре может достигать отрицательных значений. В глубоководной части кон-

тинентального склона ниже ХПС располагается ТПС со средней границей раздела на глубине 250 м (3 °С). Осенью при интенсивном выхолаживании и ветро-волновом перемешивании, верхняя граница ХПС начинает заглубляться, пока в зимний период не сформируется верхний однородный слой.

На фоне характерных для северной части Тихого океана значений солёности поверхностного слоя 32–33 ЕПС, в июле у побережья Юго-Восточной Камчатки наблюдаются распреснённые воды (до 31,5 ЕПС), образующиеся в результате таяния ледяного покрова в Беринговом море.

Несмотря на то что три из четырех выбранных разрезов примыкали к проливам Курильской гряды, влияние охотоморской воды, характеризующейся низкими значениями солёности, не ощущалось даже в летний период, когда поток тихоокеанской воды через проливы северных Курильских островов ослаблен и можно было ожидать подобного эффекта.

Камчатское и Курильское течения хорошо выражены весной и ослаблены летом и осенью. Общий поток юго-западного направления, охватывающий всю водную толщу и более выраженный над материковым склоном, наблюдается только весной. В летне-осенний период картина течений неустойчива и характеризуется слабыми разнонаправленными потоками как по глубине, так и по пространству.

Подводный хребет Витязь оказывает существенное влияние на термохалинную структуру и циркуляцию вод исследуемого района. В частности, в северную часть ложбины между хребтом и Курильскими о-вами воды ТПС проникают слабо и ХПС здесь развит вплоть до глубины 500 м. Направление геострофических течений над подводной ложбиной часто противоположно направлению потока вод над материковым склоном.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богданов К. Т., Мороз В. В.* Структура, динамика и гидролого-акустические характеристики вод проливов Курильской гряды. Владивосток : Дальнаука, 2000. 152 с. EDN UUTFIR.
2. *Бышев В. И., Фигуркин А. Л., Анисимов И. М.* Современные климатические изменения термохалинной структуры вод СЗТО // Известия ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 215–227. EDN WSAHXF.
3. Гидрологические условия северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морей в начале XXI века и ожидаемые тенденции / Г. В. Хен [и др.] // Вопросы промысловой океанологии. 2004. Москва : Изд-во ВНИРО, 2004. Вып. 1. С. 40–58.
4. *Хен Г. В., Устинова Е. И., Сорокин Ю. Д.* Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштабными климатическими процессами // Известия ТИНРО. 2022. Т. 202, № 1. С. 187–207. EDN YIQZHK. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2022-202-187-207>
5. *Кантакоев Г. А.* Океанографический режим тихоокеанского шельфа и материкового склона Северных Курил и его влияние на распределение промысловых объектов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. Москва : Изд-во ВНИРО, 2000. С. 54–64.
6. *Богданов К. Т., Мороз В. В.* Воды Курило-Камчатского течения и течения Ойясио. Владивосток : Дальнаука, 2004. 141 с. EDN QKEOIR.
7. *Мороз В. В.* Особенности термохалинной структуры вод и динамики температурных аномалий в зоне Курильской гряды и прилегающих акваторий // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2011. № 3(157). С. 96–103. EDN RITSLB.
8. *Uda M.* Oceanography of the Subarctic Pacific Ocean // Journal of the Fisheries Board of Canada. 1963. Vol. 20, no. 1. P. 119–179. <https://doi.org/10.1139/f63-011>

9. *Talley L. D.* Distribution and formation of North Pacific Intermediate water // *Journal of Physical Oceanography*. 1993. Vol. 23, iss. 3. P. 517–537. [https://doi.org/10.1175/1520-0485\(1993\)023<0517:DAFONP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0485(1993)023<0517:DAFONP>2.0.CO;2)
10. *Жуков Л. А.* Основы гидрологического режима Курильского района Тихого океана // *Труды Курило-Сахалинской морской комплексной экспедиции ЗИН–ТИНРО 1947–1949 гг.* Издательство АН СССР, 1954. Т. 1. С. 304–390.
11. *Шевченко Г. В., Романов А. А.* Сезонная изменчивость циркуляции в верхнем слое Охотского моря по данным спутниковой альтиметрии // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 8. С. 59–71. EDN JSGUIU.
12. *Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / ред. Б. Х. Глуховский и др.* Санкт-Петербург : Гидрометеоиздат, 1998. 343 с.
13. *Мороз В. В.* Изменчивость гидрологических условий района Курильских островов в теплое полугодие // *Метеорология и гидрология*. 1999. № 12. С. 88–93.
14. *Розачев К. А., Шлык Н. В.* Многолетние изменения вихря ветра и уровень моря в Камчатском течении // *Океанология*. 2005. Т. 45, № 3. С. 339–348. DN HRZHNL.
15. *Седаева О. С., Шевченко Г. В.* О взаимосвязи сезонных вариаций уровня моря и атмосферного давления в районе Курильской гряды // *Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов*. Южно-Сахалинск : ИМГиГ ДВО РАН, 2001. С. 81–93.
16. *Шевченко Г. В., Романов А. А.* Определение параметров приливных суточных шельфовых волн в районе Северных Курильских островов по данным спутниковой альтиметрии // *Исследование Земли из космоса*. 2008. № 3. С. 76–87. EDN IPKSZX.

*Об авторах:*

**Шевченко Георгий Владимирович**, зав. лабораторией океанографии, Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) (693023, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, д. 196), ведущий научный сотрудник лаборатории цунами, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (693023, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б), доктор физико-математических наук, **ORCID ID: 0000-0003-0785-4618**, **SPIN-код: 8230-2974**, shevchenko\_zhora@mail.ru

**Частиков Валерий Николаевич**, ведущий специалист лаборатории океанографии, Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) (693023, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, д. 196), **SPIN-код: 6415-0818**, **Scopus Author ID: 8510411400**

**Ульченко Василий Александрович**, заместитель начальника отдела морских рыб, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) (105187, г. Москва, Окружной проезд, 19), **SPIN-код: 5926-8699**