

На правах рукописи



Марыжихин Всеволод Евгеньевич

**ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗОНЫ
ШЕЛЬФА У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА
КРИЛЬОНСКИЙ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ САХАЛИН)**

Специальность 1.6.17 – океанология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Владивосток-2026

Работа выполнена в Сахалинском филиале Государственного научного центра Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (СахНИРО)).

Научный руководитель: **Шевченко Георгий Владимирович,**
заведующий лабораторией океанографии Сахалинского филиала Государственного научного центра Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (СахНИРО)), доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты: **Белоненко Татьяна Васильевна,**
доктор географических наук, профессор кафедры океанологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ);

Дубина Вячеслав Анатольевич,
заведующий лабораторией гидрологических процессов и климата Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт имени В. И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ТОИ ДВО РАН), кандидат географических наук.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», географический факультет, кафедра океанологии.

Защита диссертации состоится 18 декабря 2026 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета 24.1.214.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук по адресу: г. Владивосток, 690041, ул. Балтийская, д. 43.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук и на сайте института <https://www.poi.dvo.ru/>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: г. Владивосток, 690041, ул. Балтийская, 43. Приемная – тел./факс 8(423)231-25-73. E-mail: fedi@poi.dvo.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.214.02

кандидат географических наук _____ Ф. Ф. Храпченков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Сравнительно небольшой район шельфовой зоны у западного побережья п-ова Крильонский (юго-западная часть о. Сахалин), включая пролив Лаперуза, выделяется сложным взаимодействием вод с различными характеристиками: это и область смещения теплого Цусимского и холодного Западно-Сахалинского течений, а также поступающей через пролив Лаперуза охотоморской водной массы с более низкой соленостью. Участок шельфа в выбранном районе заметно отличается от более северных районов его протяженностью – материковый склон здесь удален от берега на расстояние около 50 км, в то время как к северу от г. Невельска материковая отмель значительно уже. Поступление охотоморской водной массы на юго-западное побережье Сахалина через пролив Лаперуза является определяющим фактором, влияющим на специфику гидрологического режима изучаемой акватории и требующим подробного изучения.

Исследование актуально вследствие недостаточной изученности Западно-Сахалинского течения. Этот факт отмечен в известных обобщениях (Гидрометеорология и гидрохимия..., 2003; Лоция Татарского..., 2003), что и побудило провести анализ сезонной изменчивости Западно-Сахалинского течения, поскольку эти вопросы до настоящего времени не освещены в научной литературе в должной мере, хотя им и отведен ряд работ, основанных как на результатах океанологических съемок (Веселова, 1963; Яричин, Покудов, 1982; Danchenkov et al., 1992), так и полученных с помощью автономных буйковых станций (АБС) (Kantakov, Shevchenko, 1999; Кантаков и др., 2002). В наименьшей степени в литературе рассмотрен вопрос взаимодействия Западно-Сахалинского течения с охотоморской водной массой, поступающей через пролив Лаперуза на шельф у западного берега п-ова Крильонский.

Кроме того, нет окончательного мнения о происхождении пояса холодных вод у берегов п-ова Крильонский, иногда именуемого «пятном Макарова». В ряде работ (Макаров, 1894; Bobkov, Foux, 1997; Митник и др., 2006; и др.) это явление объясняется приливным характером формирования пояса холодной воды у берегов п-ова Крильонский, что подтверждено спутниковыми наблюдениями за температурой поверхности моря (ТПМ) и инструментальными измерениями течений и температуры. Иные точки зрения заключаются в наличии в теплый период года постоянного противотечения течению Соя в северной части пролива Лаперуза, которое выносит более холодную и менее соленую охотоморскую водную массу к западному побережью п-ова Крильонский (Леонов, 1948; Danchenkov et al., 1999), или отсутствии потока этой водной массы (Tanaka et al., 1996).

Исследование гидрологического режима в области смешения различных по своим свойствам водных масс важно и с точки зрения рыбохозяйственного значения региона – в южной части Татарского пролива производится добыча лососей, минтая *Gadus chalcogrammus*, сельди *Clupea pallasii*, камбалы, креветок и других видов беспозвоночных, ламинарии и т. д. В последние годы в этой акватории активно ведется любительский лов тунцов и некоторых других теплолюбивых видов рыб. В плане богатства водными биологическими ресурсами стоит выделить прибрежную мелководную зону.

Из всего разнообразия водорослей-макрофитов в настоящее время в ходе прибрежного лова осваивается только сахарина японская *Saccharina japonica* (ламинария). Процесс уменьшения или исчезновения полей произрастания промысловых видов бурых водорослей или замещения другими менее ценными видами вызывает интерес к изучению условий их обитания. Причины происходящего могут быть связаны как с антропогенным воздействием на морскую среду и чрезмерным промыслом, так и с климатоокеанологическими факторами.

Объект исследования: гидрологический режим шельфовой зоны юго-западного Сахалина в районе смешения япономорских и охотоморских водных масс.

Предмет исследования: изменчивость гидрологических характеристик акватории западного шельфа п-ова Крильонский, обусловленных сезонными перестройками уровня моря, сменой господствующего направления ветра и приливами.

Цель: изучить особенности и закономерности изменчивости гидрологического режима шельфа западного побережья п-ова Крильонский (юго-западный Сахалин), формирующиеся под влиянием сезонных климатических факторов, приливов и ветра, для оценки современных условий прибрежной экосистемы и прогнозирования состояния запаса промысловых видов рыб и беспозвоночных.

Задачи исследования:

1. Определить сезонную изменчивость и характеристику воды Западно-Сахалинского течения.
2. Изучить влияние потока охотоморской водной массы, определить северную границу ее проникновения в юго-восточную часть Татарского пролива в холодный период года и оценить ее воздействие на гидрологические условия южного участка шельфовой зоны юго-западного Сахалина.

3. Изучить характер вертикального распределения температуры и солёности на стандартном разрезе S1 (между южной оконечностью о. Сахалин м. Крильон и северной оконечностью о. Хоккайдо м. Соя) в фазы прилива и отлива.

4. Изучить характер суточных и полумесячных вариаций температуры и солёности в районе устья р. Горбуша и у кромки шельфа в районе о. Монерон по данным АБС.

5. Выявить причину резких понижений температуры морской воды на полигонах наблюдения за ламинарией у юго-западного берега о. Сахалин.

Результаты и их научная новизна

1. Впервые определены характеристики сезонного холодного Западно-Сахалинского течения. Температура воды возрастает от 2,7°C в мае до 5,3°C в сентябре–октябре, солёность изменяется в узких пределах – от 33,7 до 33,9 psu (с максимумом в августе), наибольшие скорости течения также отмечены в августе (около 40 см/с).

2. С помощью материалов CTD-зондирований и спутниковых наблюдений определена предельная северная граница проникновения охотоморской водной массы в холодный период года вдоль западного побережья п-ова Крильонский – м. Лопатина.

3. В тёплый период года поступление охотоморской водной массы в акваторию у западного побережья п-ова Крильонский обусловлено приливами. Они являются причиной значительных вариаций температуры и солёности суточной и полумесячной периодичности, а также создают иллюзию наличия противотечения теплomu течению Соя в северной части стандартного разреза S1.

4. Охотоморская водная масса, распространяющаяся под действием приливов вдоль западного побережья п-ова Крильонский, вопреки общепринятому мнению, является не только менее солёной, но и более тёплой по сравнению с водой Западно-Сахалинского течения.

5. Диагностировано существование довольно редкого явления – приливного апвеллинга вдоль кромки шельфа к югу от о. Монерон, выраженного в суточных вариациях температуры величиной до 2°C.

6. В тёплый период года, когда преобладающие ветры южных румбов создают у юго-западного берега о. Сахалин условия для даунвеллинга, могут происходить резкие понижения температуры морской воды в прибрежье (до 10°C) продолжительностью около недели, возникающие под действием ветров восточного и северо-восточного румбов при выходе циклона в юго-западную часть Охотского моря.

Научная и практическая значимость работы. Научная значимость работы обусловлена полученными новыми представлениями о характере гидрологического режима в зоне шельфа у западного побережья п-ова Крильонский. Гидрологический характер исследуемой акватории формируется под влиянием сезонных климатических факторов, приливов и воздействия ветра, а также затока водной массы из Охотского моря через пролив Лаперуза. Эти вариации носят весьма сложный характер, а полученные результаты являются важными и интересными. Определены сезонная изменчивость и характеристики воды Западно-Сахалинского течения. Поступление охотоморской водной массы, обусловленное приливами, является причиной значительных суточных и полумесячных колебаний температуры и солености в прибрежной зоне исследуемой акватории. Изучены особенности формирования ветрового апвеллинга в теплый и холодный периоды года.

В то же время некоторые аспекты работы имеют более выраженное практическое значение. Резкие изменения температуры воды в прибрежье в мае–июле, обусловленные как приливами, так и ветрами сгонных направлений, представляют серьезную опасность (например, изменения направления миграции или даже гибели) для молоди тихоокеанских лососей как естественного воспроизводства, так и выпускаемой с рыбоводных заводов. Такие явления могут также негативно сказываться на уловах горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в период ее нерестовых подходов. Сезонный ветровой апвеллинг осенью способствует подъему воды, богатой биогенными элементами (в частности фосфором), важными для роста ламинарии. Приливный апвеллинг, существующий вдоль кромки шельфа к югу от о. Монерон, обеспечивает ежедневное поступление такой воды в прибрежную акваторию юго-западного Сахалина.

Положения, выносимые на защиту

1. В холодный период года (ноябрь–март) вдоль западного побережья п-ова Крильонский формируется устойчивое течение охотоморской водной массы, направленное на север. Оно идентифицируется по пониженным значениям солености, регистрируемым на прибрежных станциях стандартного разреза упраздненного пос. Перепутье – о. Монерон. В теплый период (май–октябрь) в этом районе наблюдается узкий струйный поток холодной воды Западно-Сахалинского течения, ориентированный на юг.

2. Ежесуточная смена охотоморской и япономорской водных масс, обусловленная приливной динамикой, является важной особенностью гидрологического режима прибрежной зоны юго-западного шельфа Сахалина. Наиболее отчетливо она проявляется в южной части исследуемого района, где вариации океанологических параметров могут достигать 10°C по температуре и 2 psu по солености.

3. Подъем изотерм у юго-западного побережья о. Сахалин, связанный с влиянием Западно-Сахалинского течения, формирует условия для развития ветрового апвеллинга. В частности, при прохождении летних циклонов отмечается быстрое понижение температуры морской воды при сгонных ветрах.

Личный вклад. Автор принимал участие как в морских судовых, так и в береговых (прибрежных) экспедициях на юго-западном шельфе о. Сахалин. В результате исследований собраны океанографические данные с помощью STD-зондирований и АБС с дальнейшей обработкой и анализом полученных материалов, а также интерпретацией результатов. Автором проведен анализ архивных материалов, хранящихся в базе данных филиала (прежде всего в базах «Атлас» и «NiroPro»). Автором с помощью программного обеспечения Ocean Data View был построен и проанализирован иллюстративный материал. Автор участвовал в формулировке научных положений, а также в представлении полученных результатов и выводов на научных симпозиумах и конференциях.

Степень достоверности и апробация работы. По теме диссертации всего опубликовано 14 работ, включая пять статей в журналах из списка ВАК. Материалы диссертации были представлены на 12 российских конференциях и симпозиумах с международным участием. Достоверность полученных результатов, представленных в работе, обусловлена использованием современных измерительных приборов, поверенных зондов, сопоставлением результатов океанологических зондирований на соседних стандартных разрезах, применением апробированных и широко используемых в научных исследованиях методов обработки океанологических данных (в частности пакета Ocean Data View) стандартных устоявшихся методов статистического и гармонического анализа, сравнением с результатами других исследователей.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, включающих физико-географическую характеристику района исследований (содержащую наряду с введением краткий обзор изученности района по литературным источникам), характеристику материалов, на которых основана работа, и собственных исследований в главах 3–5, заключения, а также списка литературы. Работа изложена на 143 страницах, иллюстрирована 74 рисунками и содержит семь таблиц. Список литературы включает 87 источников.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность своему научному руководителю доктору физико-математических наук Георгию Владимировичу Шевченко; коллективу Сахалинского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») за помощь в сборе материала и создании данной работы – в частности бывшему заместителю директора Г. А. Кантакову, одному из инициаторов проекта «Пролив Лаперуза» и организатору масштабных гидрологических исследований у побережья п-ова Крильонский; ведущему специалисту лаборатории океанографии В. Н. Частикову; ведущему научному сотруднику лаборатории лососевых рыб доктору биологических наук В. С. Лабаю; сотрудникам лаборатории гидробиологии, и особенно ее руководителю Е. С. Корнееву; сотрудникам лаборатории аквакультуры беспозвоночных и водорослей и ее руководителю Н. Ю. Прохоровой; ведущему научному сотруднику лаборатории исследований среды и мониторинга антропогенного воздействия кандидату биологических наук Т. Г. Кореневой; создателю баз данных «Атлас» и “NiroPro” ведущему научному сотруднику ИМГиГ ДВО РАН доктору технических наук В. М. Пищальнику. Также выражаю благодарность заведующей отделом аспирантуры Института морской геологии и геофизики ДВО РАН М. Ю. Андреевой.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Глава 1. Физико-географическая характеристика акватории западного побережья полуострова Крильонский

В главе приведена физико-географическая характеристика изучаемого района. Рассмотрены влияние рельефа на изменения гидрологических и метеорологических явлений, сезонные вариации приземного атмосферного давления и ветра, приведены гидрологическая характеристика и схема течений и данные о сезонных и приливных вариациях уровня Охотского и Японского морей вблизи пролива Лаперуза.

Глава 2. Материалы и методы

В главе рассмотрены материалы и методы, используемые при выполнении работы.

В качестве основных материалов послужил обширный архив океанологических данных, накопленных в ходе многолетних судовых экспедиционных исследований, выполненных на океанологических разрезах Перепутье–Монерон (21 океанологическая съемка), T1 (26), T2 (13) и S1 (31) в рамках российско-японского проекта «Пролив Лаперуза» в 1995–2011 гг. (рис. 1). Важной составляющей информационного комплекса исследований являются среднееголетние значения температуры и солёности морской воды на стандартных горизонтах на разрезе Перепутье–Монерон в период с марта по декабрь из базы данных «Атлас» и “NiroPro” (Пищальник, Бобков, 2000).

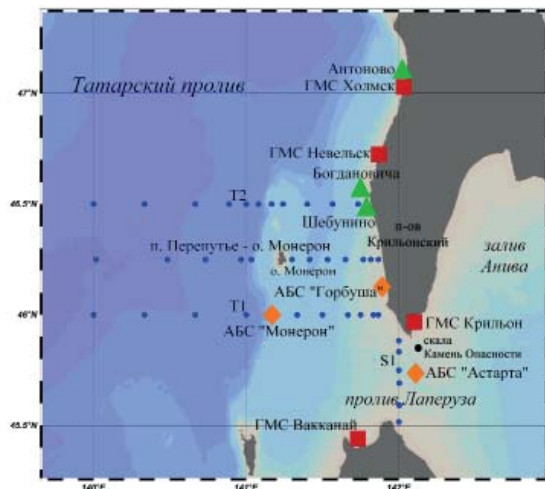


Рис. 1. Положение станций стандартных океанологических разрезов у юго-западного побережья п-ова Крильонский, полигонов наблюдения за ламинарией, мест постановки АБС и гидрометеостанций

Во время реализации совместного российско-японского проекта «Пролив Лаперуза» отдельное место отводилось изучением течений с помощью АБС. В данной работе рассмотрены материалы инструментальных измерений скорости течений и температуры воды, полученные с АБС «Астарта» и «Монерон» (см. рис. 1), а также результаты, полученные с АБС «Горбуша», установленной в 2024 г. в районе устья р. Горбуша. В этом районе в рамках работ по изучению приемной емкости приустьевых акваторий также выполнялись океанологические зондирования на системе поперечных берегу разрезов с борта моторной лодки (ежедекадно с мая по сентябрь).

Сахалинский филиал «ВНИРО» в течение многих лет, включая и настоящее время, проводит работы по мониторингу состояния полей ламинии у юго-западного побережья Сахалина. В диссертационной работе используются данные инструментальных измерений температуры морской воды и придонного гидростатического давления (уровня моря), полученные с помощью логгеров в теплый период года (май–октябрь) на полигонах (см. рис. 1): Антоново (2020 и 2022 гг.), Богдановича (2022 и 2024 гг.), Шебунино (2021 г.)

Для изучения характеристик колебаний уровня Охотского и Японского морей в районе пролива Лаперуза использовались ряды ежедневных наблюдений за уровнем воды в 1987 г., производившихся на трех береговых мареографах: Вакканай (северное побережье о. Хоккайдо, Япония), Невельск (на япономорском) и м. Крильон на охотоморском побережье п-ова Крильонский (см. рис. 1).

В работе также использовались данные спутниковых наблюдений за ТПМ юго-западного побережья о. Сахалин за период с 1998 по 2022 г., полученные при помощи установленной в филиале спутниковой приемной станции TeraScan (пространственное разрешение спутниковых данных – около 2 км).

Для определения метеорологических условий в период проведения измерений привлекались данные с сайтов общего пользования www.rp5.ru и <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access>.

Расчет приливной составляющей течений выполнялся методом наименьших квадратов по готовой программе, определялись гармонические постоянные амплитуды и фазы для восьми главных приливных волн, четырехсуточного (Q1, O1, K1, P1) и четырехполусуточного (N2, M2, S2, K2) диапазонов.

Для построения распределений температуры и солености, а также расчета распределений плотности и геострофических потоков применялся специализированный программный комплекс для обработки океанологических данных Ocean Data View (Schlitzer, 2020).

Глава 3. Исследование сезонных вариаций гидрологических условий по данным наблюдений на стандартных океанологических разрезах

В главе рассмотрены основные особенности сезонной изменчивости гидрологического режима западного побережья п-ова Крильонский. В качестве основного материала использованы данные судовых гидрологических съемок, выполненных на разрезах пос. Перепутье – о. Монерон, T1 и T2 и средние многолетние значения на разрезе пос. Перепутье – о. Монерон.

Анализ океанологических данных позволил изучить сложный характер сезонной изменчивости океанологических условий у западного побережья п-ова Крильонский и выделить его главные особенности.

В холодный период года на осредненных распределениях температуры и солености вдоль западного берега п-ова Крильонский отмечен поток охотоморской водной массы, ориентированный на север (**рис. 2**). Этот поток идентифицируется по более низким (по сравнению с япономорской водной массой) значениям температуры (около $0,5^{\circ}\text{C}$), солености (около 33 psu) и выраженным градиентам плотности. Предельной границей распространения охотоморской водной массы является акватория в районе разреза T2. Этот сезонный поток обусловлен более высоким средним уровнем Охотского моря по сравнению с Японским в холодный период года (декабрь–март). Влияние теплого Цусимского течения минимально, оно проявляется главным образом с западной стороны о. Монерон на глубинах более 50 м.

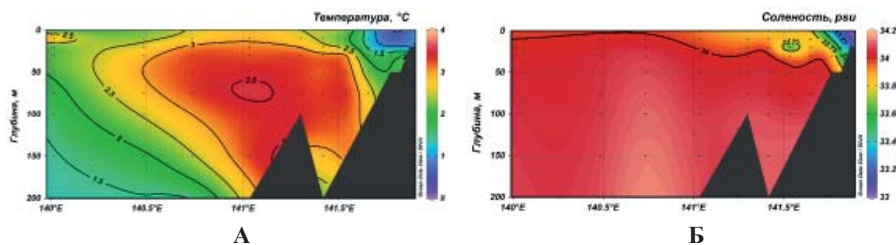


Рис. 2. Средние многолетние вертикальные распределения температуры (А) и солености (Б) на разрезе ПМ в марте

Теплый период года характеризуется максимальным прогревом воды в поверхностном слое (до $19\text{--}20^{\circ}\text{C}$), наличием холодной ($4\text{--}5^{\circ}\text{C}$) и соленой (33,5 psu) воды вблизи юго-западного берега о. Сахалин. В августе–сентябре различия в температуре воды между Западно-Сахалинским и Цусимским течениями достигают своего максимума при однородном распределении солености (**рис. 3**). Западно-Сахалинское течение начинает формироваться в мае и прекращает свое действие в ноябре, максимум его интенсивности приходится на август–сентябрь. Период активности Западно-Сахалинского течения хорошо известен, однако четкие временные границы существования этого течения определены впервые.

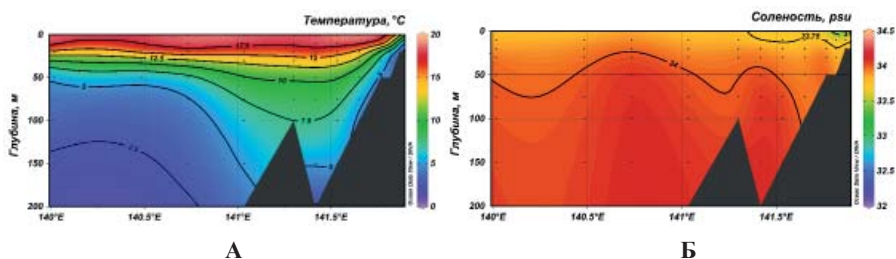


Рис. 3. Средние многолетние вертикальные распределения температуры (А) и солёности (Б) на разрезе ПМ в августе

Также впервые для данного разреза дана характеристика сезонной изменчивости Цусимского течения, оказывающего важное отопляющее влияние на океанологические условия изучаемого района, а также на климатические условия южной части о. Сахалин. Влияние охотоморской водной массы на южную оконечность п-ова Крильонский (разрез Т1) значительно и может проявляться даже в тёплый сезон (вероятно, под влиянием приливных течений), причем струя Западно-Сахалинского течения оттесняется этой водой от берега (согласуется с направлением течения по результатам наблюдений на АБС).

Для изучения характеристики воды Западно-Сахалинского течения рассмотрены значения океанологических параметров на горизонтах 0, 10 и 20 м на станции 1 (прибрежной) стандартного разреза пос. Перепутье – о. Монерон (табл.). Были выбраны данные с мая по октябрь, когда Западно-Сахалинское течение наиболее активно.

Таблица. Среднемноголетние значения температуры (T , °C) и солёности (S , psu) на горизонтах $h=0, 10$ и 20 м на станции 1 стандартного океанологического разреза пос. Перепутье – о. Монерон (Пицальник, Бобков, 2000)

h	T	S	h	T	S
Май			Август		
0	3,51	33,41	0	13,61	33,44
10	2,85	33,50	10	6,65	33,67
20	2,69	33,74	20	4,13	33,90
Июнь			Сентябрь		
0	6,07	33,53	0	14,22	33,39
10	3,32	33,63	10	8,14	33,67
20	2,74	33,86	20	4,63	33,87
Июль			Октябрь		
0	9,41	33,48	0	7,88	33,15
10	4,71	33,64	10	6,62	33,49
20	3,08	33,88	20	5,28	33,74

Данные таблицы показывают, что температура воды в зоне влияния Западно-Сахалинского течения достаточно низкая – в мае–июле она возрастает до 3°C, к октябрю ее значения достигают 5°C. Помимо низких значений температуры вода Западно-Сахалинского течения характеризуется стабильными значениями солености на всем протяжении его существования (33,7–33,9 psu).

Глава 4. Влияние приливов на гидрологические условия юго-западного Сахалина

В главе рассмотрено влияние приливных явлений на гидрологические особенности западного побережья п-ова Крильонский, включая пролив Лаперуза. Основными материалами являются данные CTD-зондирований на стандартном разрезе S1 (расположен между южной оконечностью о. Сахалин м. Крильон и северной оконечностью о. Хоккайдо м. Соя) и вблизи устья р. Горбуша, а также данные, полученные с помощью АБС «Горбуша», «Астарт» и «Монерон» (см. рис. 1). Для западного побережья п-ова Крильонский типично преобладание суточных приливов, характеризующихся выраженными полумесячными вариациями их величины. Вертикальные распределения температуры и солености на разрезе S1 группировались в соответствии с направлением приливного течения, предвычисленного на основе амплитуд и фаз основных приливных волн, полученных из наблюдений на АБС «Астарт» (прилив – на запад в Японское море, отлив – на восток в Охотское море).

В результате проведенных исследований показано, что при тропических приливах на фазе прилива, вне зависимости от сезона, уровень в Охотском море выше, чем в Японском более чем на полметра. Обратная картина наблюдается при отливе. Это означает, что в проливе Лаперуза на фоне существующих сезонных потоков, направленных в теплый период года из Японского моря в Охотское, а в холодный – в обратном направлении, возникают сильные приливные течения, которые оказывают значительное влияние на водообмен между морями (роль данного фактора существенно снижается при экваториальных приливах).

В теплый период года, когда уровень Японского моря выше, за счет чего обеспечивается поток теплого течения Соя, заток охотоморской водной массы через северную часть пролива Лаперуза возникает при достаточно сильных приливах (приливное течение ориентировано на запад, скорость в период съемки изменялась от 150 до 180 см/с). Это проявляется в более низких значениях температуры и солености в северной части разреза S1, что создает впечатление о наличии постоянного противотечения течению Соя (рис. 4).

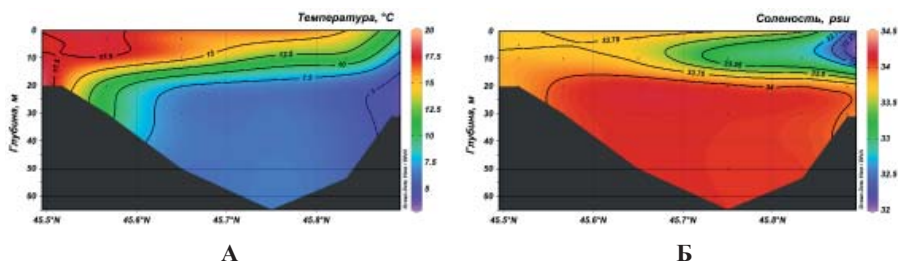


Рис. 4. Вертикальные распределения температуры (А, °C) и солёности (Б, psu) на разрезе S1 в июле 1997 г.

Когда приливной поток ориентирован в Охотское море (фаза отлива, скорость восточной составляющей приливного потока менялась от 30 до 120 см/с), в северной части пролива Лаперуза вода более холодная, но с высокой солёностью, что отвечает характеристикам холодного Западно-Сахалинского течения, движущегося вдоль западного побережья п-ова Крийльонский в сторону пролива Лаперуза (рис. 5).

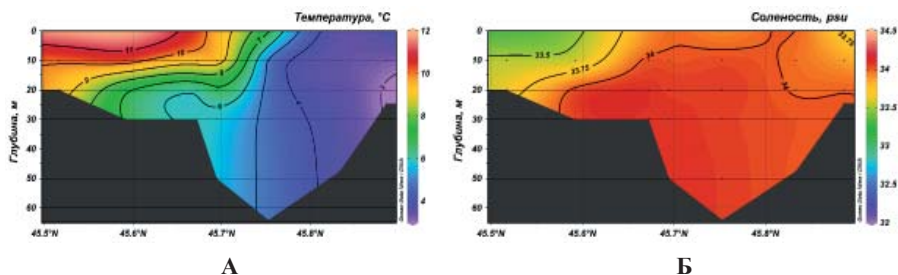


Рис. 5. Вертикальные распределения температуры (А, °C) и солёности (Б, psu) на разрезе S1 в июне 1996 г.

В Охотском море эта вода распространяется параллельно основной струе течения Соя вдоль северного берега о. Хоккайдо, но на большем удалении от острова. Граница раздела между теплыми и холодными водами весьма устойчива, что подтверждается данными спутниковых наблюдений как по отдельным пролетам спутника, так и при расчетах характерных структур ТПМ за многолетний период. На фазе отлива заметны уменьшение размеров холодного пятна у западного побережья п-ова Крийльонский и повышение температуры в нем, обусловленные перемещением части холодной воды в Охотское море.

По спутниковым данным удалось определить, что на фазе отлива наблюдается поток холодной воды Западно-Сахалинского течения не только вдоль о. Хоккайдо, но и в его ответвление в юго-западную часть залива Анива между п-овом Крийльонский и скалой Камень Опасности.

Проведенные исследования в районе устья р. Горбуша в теплый период 2024 г. подтвердили значительное влияние на западное побережье п-ова Крильонский охотоморской водной массы. Скорость приливного потока в районе исследований достигала 66 см/с в северном и 45 см/с в южном направлении.

Специфической особенностью данной акватории являются значительные вариации температуры и солёности морской воды, обусловленные за током охотоморской водной массы через пролив Лаперуза во время прилива. Результаты исследований показали, что охотоморская водная масса, вопреки общепринятому мнению, является не только менее солёной, но и более теплой по сравнению с водой Западно-Сахалинского течения.

Помимо суточных вариаций океанологических параметров (приливные течения имеют выраженный суточный характер) наблюдается своеобразное накопление охотоморской водной массы на юго-западном шельфе о. Сахалин. Это связано с тем, что во время отлива не вся эта вода покидает шельфовую зону. Данный эффект проявляется в течение 10–11 суток в рамках двухнедельного цикла при усилении приливных течений. Вместе с тем поступление менее солёной охотоморской водной массы прекращается примерно на трое-четыре суток во время экваториальных приливов (рис. 6). Приведенный механизм был впервые обнаружен по данным спутниковых наблюдений (Bobkov, Foux, 1997) и впоследствии подтвержден инструментальными измерениями.

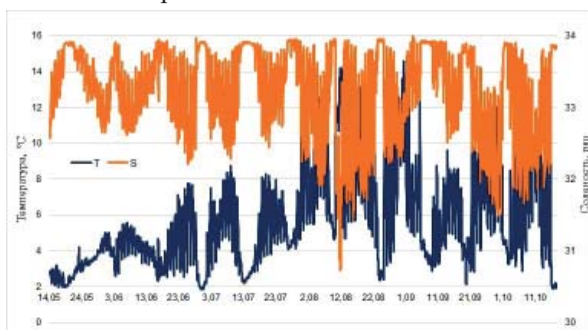


Рис. 6. Графики вариаций температуры (синяя линия, °C) и солёности морской воды (оранжевая линия, psu)

Суточные вариации океанологических параметров очень велики — они могут превышать 10°C по температуре и 2 psu по солёности. Изменчивость океанологических параметров в рамках двухнедельной цикличности так же значительна — их величина достигала 6°C и 1 psu (см. рис. 6).

Как показали океанологические исследования на поперечных берегу разрезах, более теплая и менее солёная охотоморская водная масса сначала

распространяется в мористой части в поверхностном слое, затем вытесняет воду из более глубоководной области и только после этого – из зоны прибрежного мелководья. Ежедневная смена охотоморской и япономорской водных масс на глубинах до 20 м является главной специфической чертой гидрологического режима изучаемой акватории (**рис. 7**).

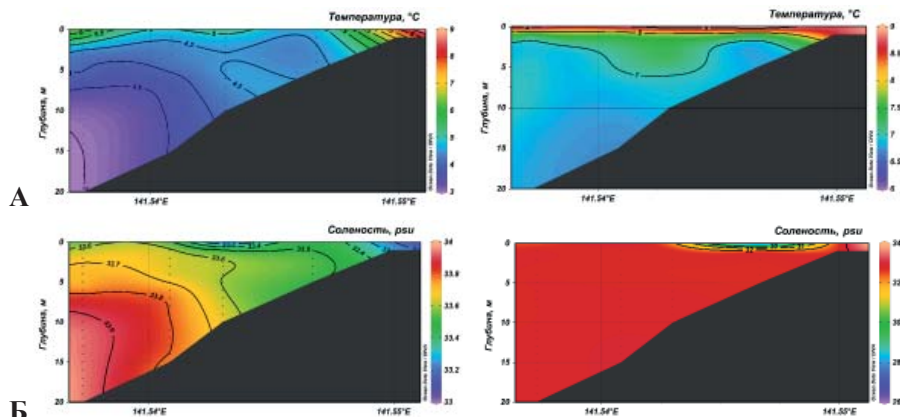


Рис. 7. Вертикальные распределения температуры (А, °С) и солености (Б, psu). Съемка – во второй декаде июня (слева – слабый прилив) и в первой декаде июля (справа – сильный прилив) на третьем разрезе

В холодный период года, когда уровень воды выше в Охотском море, в северной части пролива Лаперуза формируется сезонный поток охотоморской водной массы в юго-восточную часть Татарского пролива, что подтверждается как анализом вертикальных распределений океанологических параметров на разрезе S1, так и результатами спутниковых наблюдений за ТПМ. Отлив умеренной интенсивности не искажает эту картину, а только приводит к сужению потока охотоморской воды. Спутниковые распределения ТПМ показывают, что эта вода у западного побережья п-ова Крильонский не распространяется севернее м. Лопатина.

В районе свала глубин юго-западного шельфа о. Сахалин и резко выраженного континентального склона к югу от о. Монерон обнаружено явление **приливного апвеллинга**. Под этим явлением мы понимаем подъем холодной воды из более глубоких слоев в результате взаимодействия приливной волны с особенностями донного рельефа с подводным препятствием. Именно так интерпретировал аналогичное явление в районе скалы Камень Опасности выдающийся русский исследователь С. О. Макаров (1894 г.). Мы рассматриваем приливной апвеллинг как частный случай более широкого понятия «приливное перемешивание», которое, помимо указанного баротропного процесса, включает эффекты, обусловленные генерацией внутренних

приливных волн (прежде всего внутренней волны Кельвина), образующихся в результате дифракции баротропных приливных составляющих.

Приливной апвеллинг формируется при направлении приливного течения, носящего суточный характер, на восток-юго-восток, в сторону пролива Лаперуза, когда в результате его взаимодействия с континентальным склоном наблюдается подъем холодных вод с глубины, вызывающий колебания температуры с амплитудой $0,5\text{--}1^\circ\text{C}$ на горизонте около 100 м. При наиболее сильных течениях подъем этих вод достигал поверхностного слоя, что вызывало понижение температуры воды на $6\text{--}8^\circ\text{C}$ на глубине около 10 м (**рис. 8**). Область подъема холодных вод характеризовалась также повышенными концентрациями биогенных элементов и хлорофилла «а» на глубинах 30–50 м. Это подтверждает существование приливного апвеллинга на континентальном склоне у юго-западного побережья о. Сахалин.

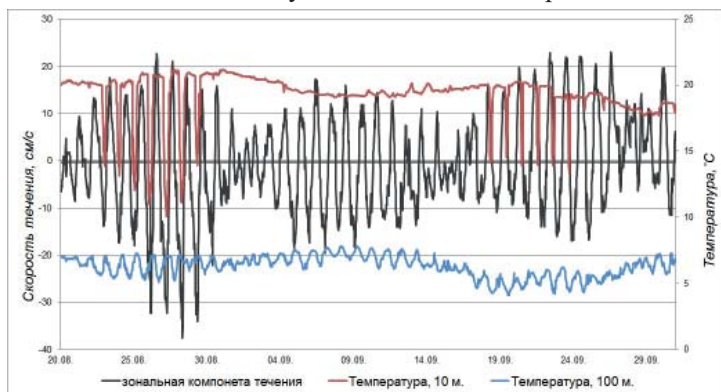


Рис. 8. Вариации температуры морской воды на глубине 10 и 100 м (красная и синяя линии) и зональной компоненты течения на глубине 100 м (черная линия) по данным наблюдений на АБС «Монерон»

Скорее всего, это явление существует не только в районе разреза Т1, но и на более протяженном участке резко выраженного свала глубин южнее о. Монерон. Именно близость пролива Лаперуза является ключевым фактором, определяющим формирование изучаемого явления. Обычно приливное течение ориентировано под гораздо меньшим углом к линии кромки шельфа и не взаимодействует с материковым склоном — соответственно, подъем воды из более глубоких слоев не возникает.

Выявленные особенности гидрологического режима в проливе Лаперуза наглядно показали важную роль приливных течений в его формировании, определяющих его специфику. Такая изменчивость распределений температуры и солености на различных фазах прилива затрудняет интерпретацию результатов океанологических съемок и служит причиной про-

тиворечивых суждений о характере водообмена через пролив. При анализе материалов океанологических зондирований в данном районе необходимо учитывать влияние приливных течений, которые достигают здесь аномально большой величины (максимум по астрономическим условиям около 3 м/с) и перемещают значительные объемы воды с существенно различными характеристиками.

Глава 5. Ветровой апвеллинг в Татарском проливе. Особенности проявления апвеллинга у юго-западного побережья о. Сахалин

В данной главе рассмотрены особенности сезонного проявления ветрового апвеллинга у юго-западного побережья о. Сахалин и в северной части Татарского пролива. Акватория северной части Татарского пролива выходит за рамки темы диссертационной работы, однако данный анализ представляется важным для дальнейшего сравнения с аналогичным явлением на юго-западном шельфе острова для более рельефного выделения особенностей.

Татарский пролив находится в зоне муссонной атмосферной циркуляции, для которой характерна смена преобладающего направления ветра. В зимний сезон это ветра северо-западного и северного румбов, в летний – южные и юго-восточные направления.

Вследствие особенностей физико-географического положения и преобладающего северного и северо-западного направления ветра в **осенний период** у северо-западного берега Сахалина развивается апвеллинг – холодные (2–3°C) плотные воды выходят на поверхность, и направление прибрежного потока меняется на южное. Наблюдаемая широкая полоса холодной воды тянется от пролива Невельского до Чехово-Ильинского мелководья (вплоть до 48° с. ш.), а теплая вода отеснена от берега острова на запад – в направлении материка.

У юго-западного побережья о. Сахалин проявление ветрового апвеллинга в холодный период года выражено существенно слабее, чем в северной и центральной части Татарского пролива (**рис. 9А**). Вероятно, это обусловлено свойствами локальной топографии района, характеризующейся узким приглубым шельфом, а также существенно большей толщиной теплого поверхностного слоя (более 50 м) благодаря влиянию Цусимского течения в южной акватории Татарского пролива и около 25 м в центральной его части. Явление прибрежного апвеллинга у юго-западного берега о. Сахалин в осенний период способствует подъему воды из более глубоких слоев, богатой биогенными элементами, важными для роста молодой ламинарии (в частности фосфора).

В **летний период** уклон изотерм у берегов Сахалина связан с влиянием Западно-Сахалинского течения: полоса холодной воды у берега очень узкая, в тонком поверхностном слое достаточно теплая, с однородным распределением солёности (**рис. 9Б**).

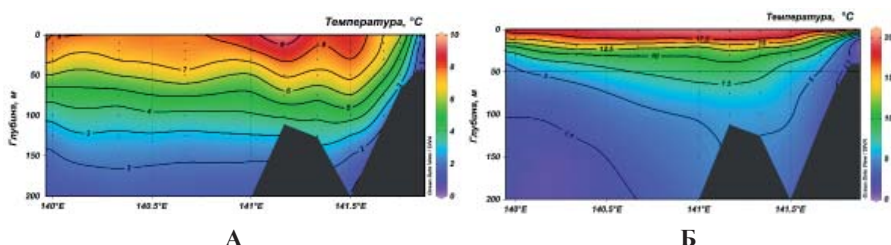


Рис. 9. Вертикальные распределения температуры морской воды (°C) на разрезе T2 в ноябре (А) и августе (Б) 1999 г.

Летом, при преобладании ветров южных румбов (летний муссон) нагонного характера, условия для формирования ветрового апвеллинга у юго-западного побережья Сахалина возникают эпизодически.

Наиболее значимые ситуации проявления ветрового апвеллинга отмечены при прохождении циклонов над южной частью о. Сахалин или севером о. Хоккайдо. При выходе центра атмосферного возмущения в южную часть Охотского моря или к южным Курильским островам над изучаемым районом формируются сгонные ветры восточного и близких к ним румбов, которые являются причиной резкого понижения температуры воды (до 10–12°C) в прибрежной зоне продолжительностью 5–7 суток (рис. 10). Не такие существенные и менее продолжительные понижения температуры фиксировали и при прохождении над изучаемым районом атмосферных фронтов.

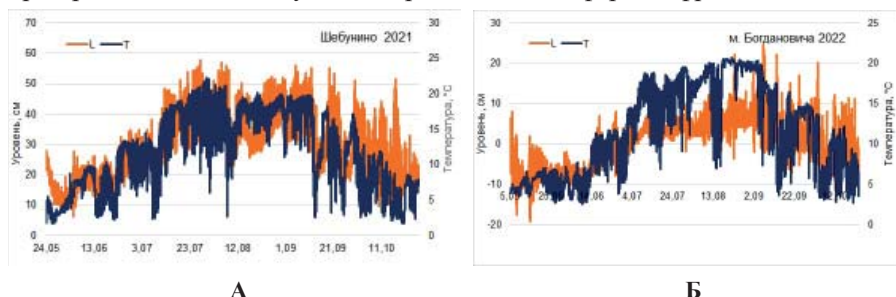


Рис. 10. Вариации температуры морской воды (Т, °C) и уровня моря (L, см) на полигонах Шебунино в 2021 г. (А) и Богдановича в 2022 г. (Б) в период с мая по октябрь

Несмотря на значительную толщину верхнего прогретого слоя, характерной особенностью апвеллинга у юго-западного побережья о. Сахалин в теплый период года является быстрый подъем холодной воды при перестройке к ветрам сгонного характера. Это связано с тем, что холодная вода здесь находится достаточно близко к поверхности благодаря действию Западно-Сахалинского течения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ многолетних океанологических данных позволил выявить гидрологические особенности зоны шельфа у западного побережья п-ова Крильонский (юго-запад о. Сахалин).

В проливе Лаперуза существуют разнонаправленные сезонные потоки. В **холодный период года** поток охотоморской водной массы направлен из Охотского моря в Японское и распространяется в виде узкого прибрежного потока вдоль берега полуострова Крильонский до м. Лопатина.

В **теплый период года**, когда уровень воды в Японском море выше, за счет чего обеспечивается поток теплого течения Соя, заток охотоморской водной массы через северную часть пролива Лаперуза возникает при достаточно сильных тропических приливах на фазе прилива (приливное течение ориентировано на запад – в юго-восточную часть Татарского пролива). Влияние охотоморской водной массы на акваторию, прилегающую к п-ову Крильонский, значительно. Ареал ее распространения доходит до разрезов Т1 и Перепутье–Монерон, а струя Западно-Сахалинского течения оттесняется этой водой от берега.

На фазе отлива в теплый период года (приливный поток ориентирован на восток – в Охотское море) в северной части пролива Лаперуза отмечается более холодная и соленая водная масса Западно-Сахалинского течения. Это течение, формирующееся в районе Чехово-Ильинского мелководья, движется вдоль западного побережья п-ова Крильонский на юг в сторону пролива Лаперуза. В проливе Лаперуза Охотского моря эта вода распространяется параллельно основной струе течения Соя вдоль северного берега о. Хоккайдо.

Часть водной массы Западно-Сахалинского течения затекает в юго-западную часть залива Анива между м. Крильон и скалой Камень Опасности. Граница раздела между теплыми и холодными водами весьма устойчива и подтверждается данными спутниковых наблюдений. На фазе отлива заметны уменьшение размеров холодного пятна у западного побережья п-ова Крильонский и повышение температуры в нем, что обусловлено перемещением части холодной воды в Охотское море.

Рассмотрены океанологические характеристики водной массы и определены четкие временные границы существования Западно-Сахалинского течения; выявлена сезонная изменчивость Цусимского течения в районе о. Монерон; изучено влияние охотоморской водной массы с низкой соленостью на зону шельфа у западного побережья п-ова Крильонский, носящее постоянный характер в холодный период года и обусловленное приливами в теплый.

Исследования, проведенные в районе устья р. Горбуша в теплый период 2024 г., подтвердили значительное влияние охотоморской водной массы на прибрежную зону у западного берега п-ова Крильонский. Так, отмечены

значительные суточные вариации (приливные течения имеют выраженный суточный характер) океанологических параметров: они могут превышать 10°C по температуре и 2 psu. Вариации в рамках двухнедельной цикличности также значительны, их величина достигала 6°C и 1 psu. Скорость приливного потока достигала по астрономическим условиям 66 см/с в северном и 45 см/с в южном направлениях.

Установлено своеобразное накопление охотоморской водной массы на юго-западном шельфе о. Сахалин. Это связано с тем, что во время отлива не вся эта вода покидает шельфовую зону. Данный эффект проявляется в течение 10–11 суток в рамках двухнедельного цикла при усилении приливных течений. При этом поступление менее соленой охотоморской водной массы прекращается примерно на третьи-четвертые сутки во время экваториальных приливов. Постоянная ежесуточная смена охотоморской и япономорской водных масс в прибрежной зоне является главной специфической чертой гидрологического режима изучаемой акватории.

В районе свала глубин юго-западного шельфа о. Сахалин и резко выраженного континентального склона к югу от о. Монерон обнаружено явление приливного апвеллинга. Он формируется при направлении приливного течения, носящего суточный характер, на восток-юго-восток, в сторону пролива Лаперуза, когда в результате его взаимодействия с континентальным склоном наблюдается подъем холодных вод с глубины, вызывающий колебания температуры с амплитудой 0,5–1°C на горизонте около 100 м. При наиболее сильных течениях подъем этих вод достигал поверхностного слоя, что вызывало понижение температуры воды на 6–8°C на глубине около 10 м. Область подъема холодных вод характеризовалась также повышенными концентрациями биогенных элементов и хлорофилла «а» на глубинах 30–50 м, что указывает на постоянно действующий механизм поступления этих элементов в зону шельфа у западного побережья п-ова Крильонский.

В теплый период года выявлен механизм проявления прибрежного ветрового апвеллинга. Он возникает при смене господствующих ветров южных румбов нагонного характера (летний муссон) на сгонные ветры восточного и близких к нему румбов при выходе центра циклона в южную часть Охотского моря или к южным Курильским островам, которые являются причиной резкого понижения температуры воды (до 10–12°C) в прибрежной зоне продолжительностью 5–7 суток. Не такие существенные и менее продолжительные понижения температуры могут иметь место и при прохождении над изучаемым районом атмосферных фронтов.

Быстрый подъем холодной воды при перестройке к ветрам сгонного характера, несмотря на значительную толщину верхнего прогретого слоя, вероятно, объясняется тем, что холодная вода здесь находится достаточно близко к поверхности благодаря действию Западно-Сахалинского течения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых периодических изданиях

1. Шевченко Г. В., Частиков В. Н., Марыжихин В. Е. Сезонные вариации гидрологических характеристик у юго-западного побережья острова Сахалин // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 12. – С. 98–105.
2. Шевченко Г. В., Марыжихин В. Е. Приливной апвеллинг на юго-западном шельфе о. Сахалин // Океанолог. исслед. – М., 2022. – Т. 50. – С. 11–24.
3. Шевченко Г. В., Марыжихин В. Е., Частиков В. Н. Гидролого-гидрохимическая структура вод в зоне апвеллинга у юго-западного побережья о. Сахалин // Океанолог. исслед. – 2023. – № 51. – С. 54–70. – <https://jor.ocean.ru/index.php/jor/article/view/756/555>.
4. Шевченко Г. В., Марыжихин В. Е. Влияние прилива на водообмен через пролив Лаперуза // Океанолог. исслед. – 2024. – № 52. – С. 95–115.
5. Шевченко Г. В., Марыжихин В. Е. Влияние прилива на гидрологические условия вблизи пролива Лаперуза по данным инструментальных измерений // Мор. гидрофиз. журн. – 2025. – Т. 41, № 4. – С. 484–500.

Другие публикации

Марыжихин В. Е. Влияние приливных течений на гидрологические условия юго-западного побережья полуострова Крыльон // Молодой ученый. – 2015. – № 16. – С. 117–122.

Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Влияние аномальных приливных течений на гидрологические условия юго-западного побережья острова Сахалин // Геодинамические процессы и природ. катастрофы. Опыт Нефтегорска : Материалы конф. (Ю-Сах., 26–30 мая 2015 г.) – Ю-Сах. : ИМГиГ ДВО РАН, 2015. – С. 345–349. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29146516>.

Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Приливной апвеллинг в районе острова Монерон // Совр. проблемы и перспективы развития рыбохоз. комплекса : Материалы VII науч.-практ. конф. молодых ученых с междунар. участием. – 2019. – С. 300–304. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42331247>.

Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Ветровой апвеллинг у юго-западного побережья острова Сахалин // Совр. проблемы и перспективы развития рыбохоз. комплекса : Материалы X междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – М. : Изд-во ВНИРО, 2022. – С. 384–386. – http://www.vniro.ru/files/2022/conference_2022_10.pdf

Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Влияние прилива на водообмен через пролив Лаперуза // Совр. проблемы и перспективы развития рыбохоз. комплекса : Материалы X междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – М. : Изд-во ВНИРО, 2022. – С. 387–389. – http://www.vniro.ru/files/2022/conference_2022_10.pdf.

6. Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В., Частиков В. Н. Апвеллинг у юго-западного побережья о. Сахалин, индуцируемый ветром // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Гидрометеорология и физика атмосферы: современные достижения и тенденции развития» (21–23 марта 2023 г.). – СПб. : Изд.-полиграф. ассоц. высших учеб. заведений. – 2023. – С. 266–270.

7. Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Приливные течения и водообмен в проливе Лаперуза // Океанол. исслед. : Материалы X конф. молодых ученых (24–28 апреля 2023 г., Владивосток, Россия). – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2023. – С. 46–47. https://www.poi.dvo.ru/sites/default/files/Documents/Conference/2023/KMU/results_2023.pdf.

8. Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Формирование апвеллинга у юго-западного побережья острова Сахалин под воздействием ветра // Океанол. исслед. : Материалы X конф. молодых ученых (24–28 апр. 2023 г., Владивосток, Россия). – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2023. – С. 48–49.

9. Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В. Инструментальные измерения гидрофизических параметров у юго-западного побережья о. Сахалин // XIV Всерос. симп. «Физика геосфер» (8–12 сент. 2025 г., Владивосток, Россия) : Материалы докл. – Владивосток : ТОИ ДВО РАН, 2025. – С. 160–164.

Материалы диссертации были представлены на:

– Всероссийской конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска» (Ю-Сах., 2015 г.).

– Третьей научной конференции «Океанография залива Петра Великого и прилегающей части Японского моря» (Владивосток, 2017 г.).

– VII научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (г. Москва, 2019 г.).

– IV Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы» (Южно-Сахалинск, 2021 г.).

– X международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (г. Москва, 2022 г.).

– Всероссийской научно-практической конференции «Гидрометеорология и физика атмосферы: современные достижения и тенденции развития» (г. Санкт-Петербург, 2023 г.).

– X конференции молодых ученых «Океанологические исследования» (г. Владивосток, 2023 г.).

– V Всероссийской научной конференции с международным участием «Геодинамические процессы и природные катастрофы» (г. Южно-Сахалинск, 2024 г.).

– XIV Всероссийском симпозиуме «Физика геосфер» (г. Владивосток, 2025 г.).

МАРЫЖИХИН ВСЕВОЛОД ЕВГЕНЬЕВИЧ

**ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ЗОНЫ ШЕЛЬФА
У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ПОЛУОСТРОВА КРИЛЬОНСКИЙ
(ЮГО-ЗАПАДНЫЙ САХАЛИН)**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Подписано в печать 15.09.2026. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 1,5. Тираж 110 экз.

Отпечатано в отделе администрации «СахНИРО».
г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196.
Телефон 8(4242)45-67-79.