

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

**А.А. Москвитин, Е.А. Тихончук**

Исследования структуры термохалинных и гидроакустических полей Курильских проливов сохраняют свою актуальность до настоящего времени в связи с отсутствием ясного представления о роли каждого отдельного пролива в водообмене Охотского моря с Тихим океаном. Изучение особенностей структуры вод в районе Курильской гряды является важным при решении задач построения долгосрочных прогнозов для Охотского моря.

В статье рассмотрены результаты натурных исследований, выполненных в ходе экспедиции СКБ САМИ ДВО РАН в районе Курильских островов. Выявлены особенности формирования термохалинной и гидроакустической структуры вод в проливах Екатерины и Фриза. Наибольший диапазон изменений значений скорости звука наблюдается в проливе Екатерины. В проливе Фриза отмечены наиболее низкие значения температуры воды и скорости распространения звука.

В результате проведения экспедиции получены данные гидрологических характеристик морских вод в районе островов Уруп и Итуруп. Показаны различия параметров водной среды между охотоморским и тихоокеанским побережьями Курильских островов.

В ходе работ были оценены возможности применения позиционной автономной гидрофизической станции для измерения параметров состояния водной среды в сложных гидродинамических условиях. Данная измерительная платформа может применяться для автоматического мониторинга морской среды в целях контроля гидрофизических и гидрохимических параметров акватории.

**Ключевые слова:** измерения скорости звука, автономная позиционная станция, мониторинг морской среды, Курильские острова.

## Введение

Охотское море глубоко вдаётся в Азиатский континент и с трех сторон имеет естественные береговые границы. Южная его граница проходит через Курильские острова. Многочисленные проливы Курильских островов соединяют Охотское море с Тихим океаном. Курильские проливы сильно различаются по глубине. Самые глубокие из них – Буссоль и Крузенштерна. Эти проливы открывают доступ глубинной воде Тихого океана в Охотское море. Проливы Четвертый Курильский, Рикорда, Надежды, Фриза имеют глубины более 500 метров. Остальные проливы неглубокие.

Скорости приливных течений в открытом море невелики, но в заливах, вдоль побережий и в Курильских проливах возрастают до 200 см/с. Прохождение циклонов сопровождается усилением ветра до

20–30 м/с, при котором высота волн в открытом море достигает 8–10 м [1].

Верхние слои воды Охотского моря насыщены кислородом. Его содержание достигает 7–9 мл/л. Охотское море богато биогенами, что способствует развитию здесь фитопланктона, обеспечивающего кормовую базу для других организмов.

Вследствие существования активного водообмена в проливах Охотское море получает из Тихого океана большое количество тепла, что определяет климатические условия не только всего моря, но и обширных прибрежных акваторий суши.

Цель работы – изучение процессов изменения термохалинной и гидроакустической структуры вод в районе Курильской гряды, особенностей формирования гидрологических условий в проливах Фриза и Екатерины. Этот вопрос находит научное и практическое приложение в решении одной из важнейших

задач гидрометеорологии Дальнего Востока – разработке методов долгосрочных прогнозов для Охотского моря. Выявление особенностей гидроакустической структуры вод проливов является важным для судоходства.

Кроме того, в задачи экспедиции входило проведение испытаний позиционной автономной гидрофизической измерительной станции в целях оценки возможности её применения для автоматического мониторинга морской среды в исследуемом районе. Использование автономных средств наблюдения (автоматизированные подводные буи, измерительные комплексы, оснащенные различными наборами датчиков) представляет собой наиболее эффективный путь развития мониторинга водной среды, позволяющий вести круглогодичные измерения.

Активное использование автоматизированных платформ (стационарных или дрейфующих буюв) для проведения океанографических исследований берет начало с середины прошлого века [2, 3]. Автономные подводные аппараты представляют собой эффективную платформу для проведения океанических измерений и исследований различного назначения: мониторинг морских млекопитающих, обширная топографическая съемка морского дна, оценка рыбных запасов. Автоматизированные измерительные станции малого и среднего размера обладают достаточной грузоподъемностью и дальностью перемещения, они позволяют проводить наблюдения в различном масштабе времени в целях выполнения разнообразных задач наблюдения [4–11].

Одной из основных областей применения автономных зондирующих станций являются исследования, направленные на оценку экологического состояния акваторий. Актуальной проблемой для крупных портовых объектов является загрязнение прибрежных морских акваторий нефтепродуктами [12].

Результаты проведенных ранее лабораторных и натуральных экспериментальных исследований, а также рекомендации по методическому обеспечению ведения контроля состояния водной среды с помощью позиционной автономной гидрофизической измерительной станции (ПАГИС) при определении концентраций нефтепродуктов и радиационных измерений были представлены в работе [13].

Отсутствие системного экологического мониторинга в Охот-

морском регионе в настоящий момент несет угрозы безопасности морской хозяйственной деятельности и препятствует полномасштабному освоению ресурсов океана. Одним из условий организации региональной системы мониторинга является создание сети для сбора первичной информации, состоящей из необходимых средств контроля гидрофизических и гидрохимических параметров водной среды.

## ■ Методы и измерения

В основе системы мониторинга лежит многофункциональная измерительная платформа, которая может вести непрерывный контроль изменения гидрофизических параметров морской среды: температуры, электропроводности, солёности, концентрации кислорода, направления и скорости течения. При этом для повышения эффективности ведения наблюдения возможно объединять измерительные платформы в единую территориально распределенную сеть. Созданный образец измерительной платформы может передавать информацию удаленным потребителям по гидроакустическому, радиочастотному или спутниковому каналу.

В работе приведены результаты натуральных измерений, полученных в ходе экспедиции СКБ САМИ ДВО РАН летом 2019 г. в районе Курильских островов Итуруп и Уруп (рис. 1). Исследования проводились в рамках комплексной экспедиции Русского географического общества «Восточный бастион – Курильская гряда».

В ходе экспедиции были проведены измерения температуры воды и скорости звука в проливах Фриза, Екатерины и в заливе Львиная Пасть на о-ве Итуруп при помощи профилографа скорости звука



Рис. 1. Точки проведения измерения гидрологических характеристик

на глубинах до 300 метров, который был разработан в СКБ САМИ ДВО РАН и прошел метрологическое освидетельствование. Также с помощью позиционной автономной гидрофизической измерительной станции были получены ряды данных на разной глубине: температура, электропроводность, соленость, концентрация кислорода, скорость звука, а также скорость и направления течений.

Конструктивно станция ПАГИС состоит из трех блоков: лебедка, блок питания и измерительный блок. Измерительная система позволяет подключать до 10 измерительных датчиков. Данные измерений накапливаются в модуле памяти и, в зависимости от волнения моря и заданной программы, хранятся в измерительной станции или же передаются посредством модуля передачи данных, состоящего из УКВ модема или абонентского терминала спутниковой связи «Гонец», на берег в центр сбора и обработки информации.

Рабочая программа заносится в станцию через внешние каналы связи, обычно через УКВ. После постановки станции в точку измерений и запуска рабочей программы она погружается на глубину парковки, которая выбирается исходя из особенностей района исследований и ожидает начало измерительного галса. Для выхода на заданный горизонт используется датчик абсолютного давления, позволяющий с высокой точностью выходить на нужный горизонт измерений (обычно 20 см).

При конфигурировании программы оператор может выбирать:

- на каких горизонтах проводить измерения (глубина);
- количество измерений на заданном горизонте и интервал измерений;
- необходимость всплытия перед каждым галсом для контрольного измерения атмосферного давления;
- какие параметры измерять на заданном горизонте;
- направление измерений: при погружении, при всплытии, при погружении и всплытии;
- время всплытия на поверхность для передачи данных в центр сбора и обработки информации, а также для контрольного измерения атмосферного давления на поверхности моря.

## ■ Проведение натуральных измерений

Для района Курильских островов характерно наличие особенностей формирования структуры водных масс по сравнению с водами Тихого океана и

Охотского моря. Холодный промежуточный слой, который хорошо выражен в охотоморских водах, при подходе к Курильским островам обрывается, уступая место трансформированным водам зоны Курильских проливов. В зоне проливов наблюдается расширение границ холодного промежуточного слоя, температурные экстремумы сглажены.

Скорость звука в водной среде зависит от температуры воды, гидростатического давления и солености, вследствие чего каждой выделенной гидрологической структуре водных масс соответствует определенная гидроакустическая структура. Таким образом, каждый тип термохалинной структуры вод характеризуется определенной формой кривой вертикального распределения скорости звука. В работе [14] выделяются характерные типы профилей температуры, солености и скорости звука в рассматриваемом районе: тихоокеанский, охотоморский, южноохотоморский и тип зоны Курильских проливов.

Значения скорости распространения звука в морской воде, полученные в проливе Екатерины, изменяются в достаточно широких пределах: от 1463,41 до 1523,35 м/с (рис. 2, а). По форме кривой скорости звука гидроакустическую структуру этого района можно отнести к южноохотоморскому типу. В связи с влиянием вод течения Соя характер изменения скорости звука здесь зависит не только от температуры воды, но и от распределения солености в поверхностном слое, то есть звуковой канал не является чисто термическим. На поверхности скорость звука составляет 1512,49 м/с, начиная с глубины 10 м резко возрастает до максимальной величины, после чего до глубины около 175 м происходит уменьшение значения скорости звука, вызванное понижением температуры и солености с глубиной. Для южноохотоморского типа гидроакустической структуры характерно наличие звукового канала на глубине 100–200 м. Похожая картина наблюдается и в полученных данных. Ниже 200 м значения скорости звука плавно повышаются в связи с возрастанием гидростатического давления.

При проведении измерений в проливе Фриза были обнаружены значительные отличия величины скорости звука и температуры воды на поверхности в моменты погружения профилографа и его всплытия (рис. 2, б). Сдвиг по времени между этими моментами составил 9 часов.

Для сравнения были оцифрованы данные экспедиции НИС «Академик Виноградов», полученные в этом районе в 1988 г. Картина изменения скорости звука с глубиной, полученная в 1988 г., носит похожий характер с измерениями 2019 г., отличаясь только величиной (на 15–20 м/с ниже). Разница в вели-

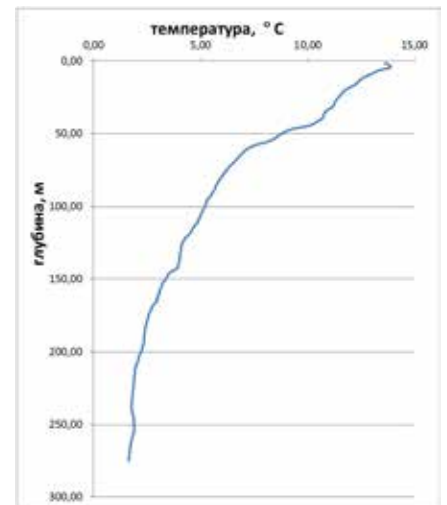
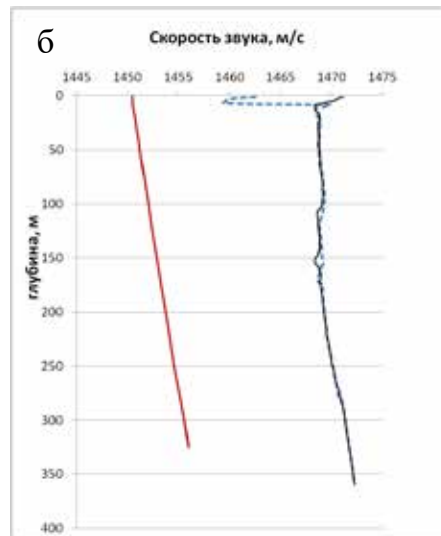
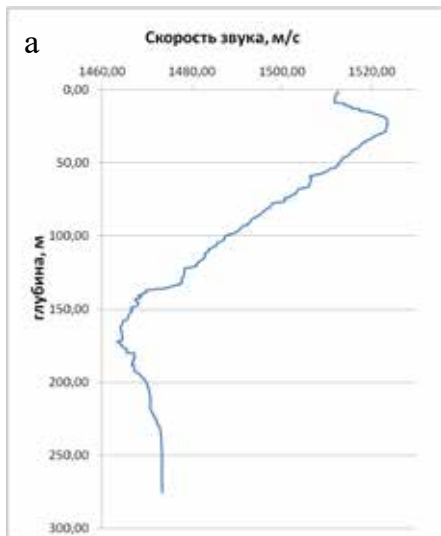


Рис. 2. Изменение скорости звука с глубиной: а – в проливе Екатерины, б – в проливе Фриза (пунктирной линией показаны данные измерений при погружении, сплошной – при всплытии профилографа, красная линия – измерения 1988 г.)

Рис. 3. Изменение температуры воды с глубиной в заливе Львиная Пасть, о-в Итуруп

чине объясняется временем проведения съемок: на НИС «Академик Виноградов» они проводились в начале июня, а измерения СКБ САМИ ДВО РАН проходили в конце августа, когда поверхностный слой воды максимально прогрет.

По характеру профиля скорости звука гидроакустическая структура водных масс пролива Фриза относится к типу зоны Курильских проливов. Значения минимума и максимума скорости звука отличаются незначительно. Так как измерения проводились не в глубокой, а в мелководной части пролива, ближе к о-ву Уруп, то в распределении измеряемых параметров по глубине наблюдается картина, свойственная шельфовому мелководью: практически однородное вертикальное распределение термохалинных характеристик, разрушение звукового канала.

На рис. 3 показано изменение температуры воды с глубиной в заливе Львиная Пасть, который расположен в южной части острова Итуруп с охотоморской стороны. Залив представляет собой затопленную кальдеру древнего вулкана, которая образовалась в период голоцена. Глубина залива составляет около 500 м. Со стороны Охотского моря залив отгорожен «порогом», глубина на входе составляет около 50 м, что препятствует активному водообмену более глубоких слоев. Температура воды в поверхностном слое в заливе Львиная Пасть выше, чем в мелководной области с охотоморской стороны о-ва Уруп, эта разница объясняется особенностями строения пролива. Температура плавно понижается с глубиной, и эта картина значительно отличается от характерного профиля температуры, свойственного охотоморскому региону, когда в водной массе выделяются поверхностный,

холодные и теплые промежуточные слои и глубинные воды.

Измерения гидрологических характеристик с помощью станции ПАГИС проводились с охотоморской стороны острова Уруп и с тихоокеанской стороны острова Итуруп. Были получены данные температуры, электропроводности, солености, концентрации кислорода, направления и скорости течения на разных горизонтах (рис. 4).

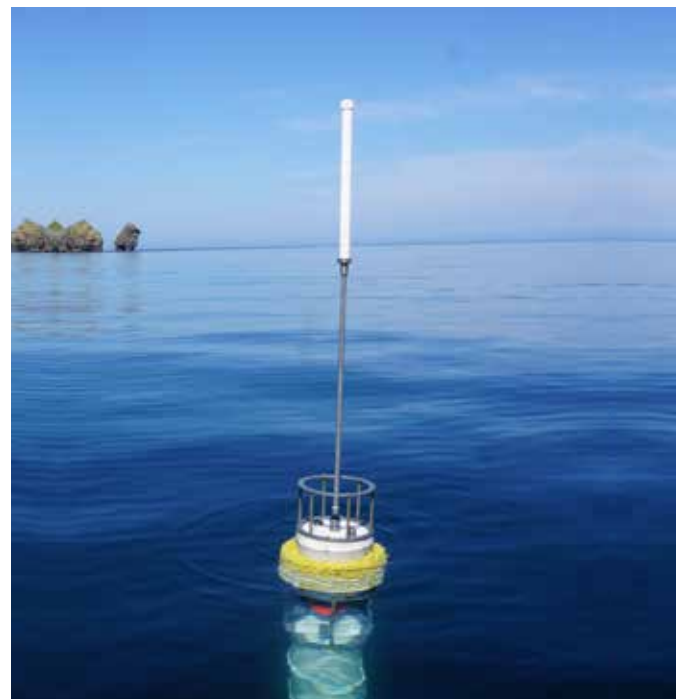


Рис. 4. Станция на поверхности моря в районе мыса Тигровый

Измерения вблизи о-ва Итуруп проводились 22 августа 2019 г. За сутки было произведено 15 погружений, что дало возможность получить несколько наборов данных на горизонтах различной глубины (рис. 5).

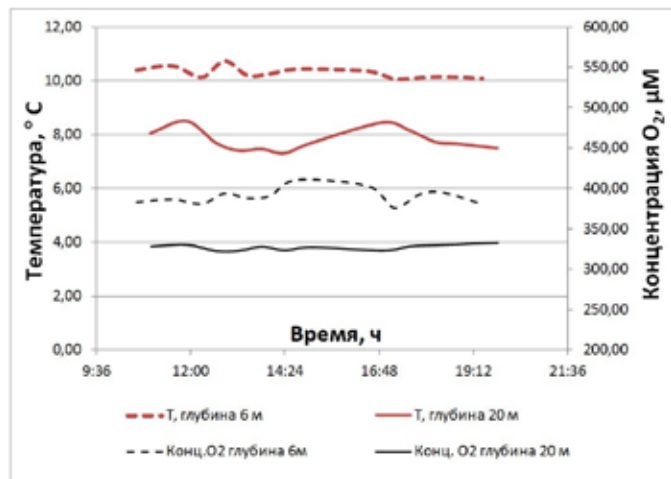


Рис. 5. Изменения температуры воды и концентрации кислорода

Глубина в точке погружения составляла 20–25 м, поэтому параметры измеряемых величин незначительно изменялись с глубиной. Электропроводность изменялась в пределах 35,9–33,6 мСм/см, соленость возрастала с 32,3 до 32,7 ‰. Насыщение воды воздухом понизилось с 118 до 86,5%, скорость звука изменилась с 1487 м/с на поверхности до 1477 м/с на глубине 20 м. Максимальные значения концентрации кислорода совпадают с моментом смены направления течения.

В районе о-ва Уруп измерения проводились 28 августа 2019 г. Были выявлены некоторые различия в величинах гидрологических показателей этого района по сравнению с данными, полученными у берегов о-ва Итуруп. Температура воды в районе о-ва Уруп ниже, так как со стороны Охотского моря идет приток холодных вод, соответственно отличаются и остальные зависимые от температуры параметры. Электропроводность воды, насыщенность кислородом и скорость звука в районе Урупа ниже, при этом соленость несколько выше, и на глубине 35 м достигает значения 33 ‰.

Значительно отличаются скорости течения. Как широтная, так и меридиональная составляющие скорости течения с охотоморской стороны значительно превышают компоненты скорости течения со стороны океана (рис. 6).

Измерения имеют недостаточную продолжительность для того, чтобы качественно оценить суточные

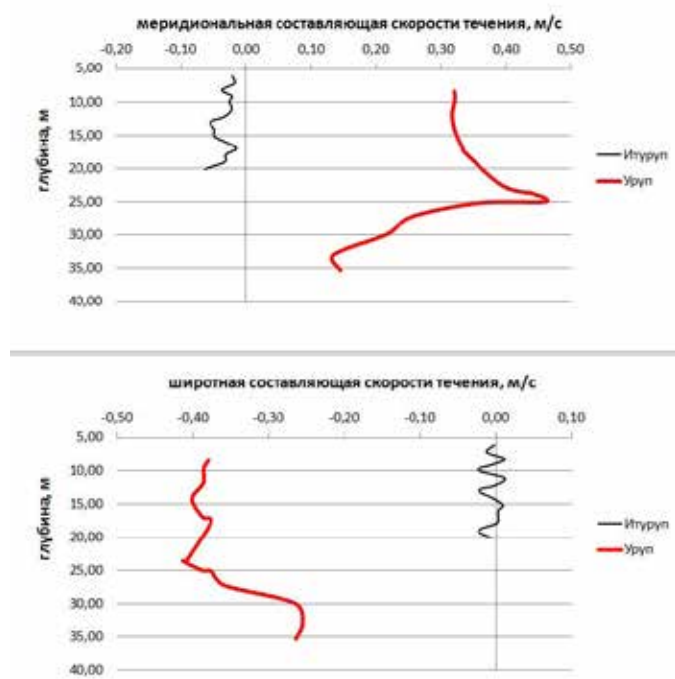


Рис. 6. Меридиональная и широтная составляющие скорости течения

колебания измеряемых гидрологических характеристик, однако проведенные испытания показывают возможности использования станции в целях экологического мониторинга в качестве составляющей для комплексной региональной системы морской безопасности.

Вследствие активных процессов перемешивания в мелководной области нет возможности оценить изменения гидрологических характеристик для различных слоев водных масс. Значительный научный интерес представляют исследования подобного рода на больших глубинах, что особенно актуально для района Курильских островов, где происходит активное взаимодействие и трансформация охотоморских и тихоокеанских вод.

## ■ Заключение

В рамках комплексной экспедиции Русского географического общества «Восточный бастион – Курильская гряда», прошедшей в 2019 году на Курильских островах, были проведены гидрологические измерения водной среды в сложных гидродинамических условиях при помощи приборов, разработанных СКБ САМИ ДВО РАН (профилограф скорости звука, позиционная автоматизированная гидрологическая измерительная станция).

Гидроакустическая структура поля скорости звука в изучаемом районе определяется особен-

ностями гидрологической структуры морских водных масс.

Несмотря на то что в проливах процессы перемешивания, вызванные воздействием сильных течений, разрушают вертикальные градиенты плотности морской воды, в проливе Екатерины хорошо просматривается характерное вертикальное распределение гидрологических характеристик, отчетливо выделяется промежуточный холодный слой охотоморской воды. Гидроакустическая структура вод в проливе Екатерины относится к южноохотоморскому типу, с наличием звукового канала на глубине 100–200 м. Отличительная особенность строения поля скорости звука в проливе Екатерины заключается в наибольшем диапазоне изменения величины скорости звука от поверхности до оси звукового канала.

В проливе Фриза, в мелководной части, водные массы хорошо перемешаны течениями, вода практически однородна – вертикальные градиенты гидрологических характеристик составляют порядка 0,008 град/м. В этом районе отмечены наиболее низкие температура и скорость звука по сравнению с другими точками измерения.

Получены данные гидрологических характеристик морских вод в районе Курильских островов Уруп и Итуруп. Выявлено их различие для охотоморской и тихоокеанской стороны Курильской гряды. Температура воды со стороны океана выше, чем с охотоморской стороны. Соответствующие отличия наблюдаются по всем параметрам, зависимым от температуры (скорость звука, электропроводность и т.д.). Выявлены значительные отличия по величине скорости течений в точках измерения. Максимальные значения концентрации кислорода отмечаются в момент смены направления течения.

Проведенные испытания станции ПАГИС показали широкие возможности использования автономных зондирующих станций в целях контроля гидрофизических характеристик водной среды при проведении исследований и оценке экологического состояния морских акваторий.

Представленные результаты получены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22-17-00121.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982. 192 с.
2. Timple G.D., Van de Voorde N.E. NOMAD Buoys: An Overview of Forty Years of Use // *MTS/Oceans*. 1995. San Diego, CA. P. 132–140.
3. Bourgeois B., Kalcic M., Harris M. ORCA – oceanographic remotely controlled automation // *The Hydrographic Journal*. 1996. P. 3–11.
4. Xuehao Wang, Yanhui Wang, Peng Wang, Shaoqiong Yang, Wendong Niu and Yehao Yang Design, analysis, and testing of Petrel acoustic autonomous underwater vehicle for marine monitoring // *Physics of Fluids* 2022. Vol. 34. P. 037115. <https://doi.org/10.1063/5.0083951>
5. Белоусов И. Современные и перспективные необитаемые подводные аппараты ВМС США // *Зарубежное военное обозрение*. 2013. № 5. С. 79–88.
6. Zaytsev A., Zeziulin D., Beliakov V., Beresnev P., Filatov V., Makarov V., Tugin D., Pelinovsky E., Kurkin A., Yalciner A., Yalciner B., Oshmarina O. Coastal monitoring of the Okhotsk sea using an autonomous mobile robot // *Science of tsunami hazards*. 2017. Vol. 36. No. 1. P. 1–12.
7. Островский А.Г., Зацепин А.Г., Соловьев В.А., Цибульский А.Л., Швоев Д.А. Автономный мобильный аппаратно-программный комплекс вертикального зондирования морской среды на заякоренной буйковой станции // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 2. С. 259–268.
8. Kostenko V.V., Tolstogonov A.Y., Mokeeva I.G. The Combined AUV Motion Control with Towed Magnetometer // *2019 IEEE Underwater Technology (UT)*. 2019, Kaohsiung, Taiwan. P. 1–7. doi: 10.1109/UT.2019.8734468.
9. Михайлов Д.Н., Сенин Р.Н., Дубровин Ф.С., Борейко А.А., Стыркул Р.И., Храмов О.А. Применение автономного необитаемого подводного аппарата для гидрографических исследований в Охотском море // *Подводные исследования и робототехника*. 2017. № 2 (24). С. 4–13.
10. Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы: Системы и технологии / под общ. ред. М.Д. Агеева. М.: Наука, 2005. 400 с.
11. Бардачевский Н.Н., Беззуднов Е.Ю. Состояние и перспективы применения необитаемых подводных аппаратов в области гидрографических исследований и подводной навигации // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2013. Т. 5. Вып. 3. С. 124–128.
12. Петухов В.И., Минаев Д.Д., Лисицкая И.Г. Комплексные исследования экологического состояния морских акваторий // *Подводные исследования и робототехника*. 2011. № 2(12). С. 69–74.
13. Минаев Д.Д., Минаева Е.А., Ким Т.Е., Малашенко А.Е., Зайцев А.И. Измерения концентраций нефтепродуктов автономной позиционной станцией мониторинга водной среды «ПАГИС» // *Экологические системы и приборы*. 2018. № 8. С. 14–18.
14. Мороз В.В. Гидролого-акустическая структура вод Курильских проливов и прилегающих районов в теплое полугодие: дис. ... канд. геогр. наук, Владивосток, 1996.

#### Для цитирования:

Москвитин А.А., Тихончук Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ // *Подводные исследования и робототехника*. 2023. № 4 (46). С. 78–86. DOI: 10.37102/1992-4429\_2023\_46\_04\_08. EDN: YGONWU.

## Сведения об авторах

**МОСКВИТИН Александр Анатольевич**, младший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Специальное конструкторское бюро средств автоматизации  
морских исследований Дальневосточного отделения Российской  
академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

**Адрес:** 693020, Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск,  
ул. Поповича д.106, кв. 31

**Область научных интересов:** Автоматизация процессов про-  
ведения научных экспериментов, экологический мониторинг,  
внутренний волновой климат, гидроакустические комплексы,  
Охотское море, Курильские острова.

**Тел.:** 8 924-283-74-71.

**Факс:** +7(4242)23-69-66

**E-mail:** a.moskvitin@skbsami.ru

**ORCID:** 0000-0002-5187-4264

**ТИХОНЧУК Елена Александровна**, к. ф.-м. наук, ст. научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Специальное конструкторское бюро средств автоматизации  
морских исследований Дальневосточного отделения Российской  
академии наук (СКБ САМИ ДВО РАН)

**Адрес:** 693023, Сахалинская область, г. Южно-Сахалинск,  
ул. Есенина д. 4, корп. 4, кв. 10

**Область научных интересов:** региональная океанология, дина-  
мика прибрежных вод, волновые процессы на шельфе, дрейф  
морского льда, Охотское море, Курильские острова.

**Тел.:** 8 914-757-43-88.

**Факс:** +7(4242)23-69-66

**E-mail:** e.tihonchuk@skbsami.ru

**ORCID:** 0000-0002-6722-3570



# STUDY OF HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AQUATIC ENVIRONMENT IN THE AREA OF THE KURIL ISLANDS

**A.A. Moskvitin, E.A. Tikhonchuk**

Investigations of the structure of thermohaline and hydroacoustic fields of the Kuril Straits remain relevant to the present due to the lack of a clear understanding of the role of each individual strait in the water exchange of the Sea of Okhotsk with the Pacific Ocean. The study of the features of the water structure in the Kuril Ridge area is important in solving the problems of constructing long-term forecasts for the Sea of Okhotsk.

The article discusses the results of field studies carried out during the expedition of the Special Research Bureau FEB RAS in the Kuril Islands. The features of the formation of thermohaline and hydroacoustic structure of water in the Straits of Ekaterina and Frise are revealed. The largest range of changes in the values of the sound velocity is observed in the Ekaterina Strait. The lowest values of the water temperature and the sound propagation velocity are noted in the Frise Strait.

As a result of the expedition, the hydrological characteristics of sea water in the area of the islands of Urup and Iturup were obtained. The differences in the parameters of the aquatic environment between the Okhotsk Sea and the Pacific coast of the Kuril Islands are shown.

In the course of the work, the possibilities of using a positional autonomous hydrophysical station to measure the parameters of the aquatic environment in difficult hydrodynamic conditions were evaluated. This measuring platform can be used for automatic monitoring of the marine environment in order to control the hydrophysical and hydrochemical parameters of the water area.

**Keywords:** sound velocity measurements, autonomous positional station, marine environment monitoring, Kuril Islands

## References

1. Dobrovolsky A.D., Zalugin B.S. Seas of the USSR. M., Publishing House of Moscow State University, 1982, 192 p.
2. Timple G.D., Van de Voorde N.E. NOMAD Buoys: An Overview of Forty Years of Use. MTS/Oceans, 1995. San Diego, CA. P. 132-140.
3. Bourgeois B., Kalcic M., Harris M. ORCA – oceanographic remotely controlled automation. The Hydrographic Journal. 1996. P.3-11.
4. Xuehao Wang, Yanhui Wang, Peng Wang, Shaoqiong Yang, Wendong Niu and Yehao Yang Design, analysis, and testing of Petrel acoustic autonomous underwater vehicle for marine monitoring. Physics of Fluids 34, 037115 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0083951>.
5. Belousov I. Modern and promising uninhabited underwater vehicles of the US Navy. Foreign Military Review, 2013, No. 5, P. 79-88.
6. Zaytsev A., Zeziulin D., Beliakov V., Beresnev P., Filatov V., Makarov V., Tugin D., Pelinovsky E., Kurkin A., Yalciner A., Yalciner B., Oshmarina O. Coastal monitoring of the Okhotsk sea using an autonomous mobile robot // Science of tsunami hazards. 2017. Vol. 36. No. 1. P. 1-12.
7. Ostrovskii A.G., Zatsepin A.G., Soloviev V.A., Tsubulsky A.L., Shvoev D.A. Autonomous system for vertical profiling of the marine environment at a moored station. Oceanology. 2013. Vol. 53. No. 2. P. 233-242.
8. Kostenko V.V., Tolstonogov A.Y. and Mokeeva I.G., “The Combined AUV Motion Control with Towed Magnetometer,” 2019 IEEE Underwater Technology (UT), Kaohsiung, Taiwan, 2019, pp. 1-7. doi: 10.1109/UT.2019.8734468.
9. Mikhailov D.N., Senin R.N., Dubrovin F.S., Boreyko A.A., Stykul R.I., Khramov O.A. Application of an autonomous uninhabited underwater vehicle for hydrographic research in the Sea of Okhotsk. Underwater Investigations and Robotics. 2017. No. 2 (24). P. 4-13.
10. Ageev M.D., Kiselev L.V., Matvienko Yu.V., etc. Autonomous underwater robots: Systems and technologies / under the general editorship of M.D. Ageev. M.: Nauka, 2005. 400 p.
11. Bardachevsky Nikolay N., Bezsudnov Evgeny Yu. Condition and prospects of use of uninhabited submersibles in the field of hydrographic researches and underwater navigation. Interexpo Geo-Siberia. 2013. Vol. 5. Issue 3. P. 124-128.
12. Petukhov V.I., Minaev D.D., Lisitskaya I.G. Complex research of ecological Condition of Sea Water Areas. Underwater Investigations and Robotics. No 2 (12). 2011. P. 69-74.
13. Minaev D.D., Minaeva E.A., Kim T.E., Malashenko A.E., Zaytsev A.I. Measurements concentration of oil products with use autonomous position station of water environment monitoring «PAGIS». Ecological Systems and Devices, No. 8, 2018, P. 14-18.
14. Moroz V.V. Hydro-acoustic structure of the waters of the Kuril Straits and adjacent areas in the warm half-year: dissertation of the Candidate of Geographical Sciences, Vladivostok, 1996.



## About the authors

**MOSKVITIN Alexander Anatolyevich**, Junior Researcher  
Special Research Bureau for Automation of Marine Researches Far  
Eastern Branch Russian Academy of Sciences (Special Research  
Bureau FEB RAS)

**Address:** 693020, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, 106  
Popovicha str., sq. 31

**Research interests:** Automation of scientific experiments,  
environmental monitoring, internal wave climate, hydroacoustic  
complexes, the Sea of Okhotsk, the Kuril Islands.

**Phone:** 8 924-283-74-71.

**Fax:** +7(4242)23-69-66

**Email:** a.moskvitin@skbsami.ru

**ORCID:** 0000-0002-5187-4264

**TIKHONCHUK Elena Aleksandrovna**, Candidate of Physical  
and Mathematical Sciences, Senior Researcher

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches  
Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences (Special  
Research Bureau FEB RAS)

**Address:** 693023, Sakhalin region, Yuzhno-Sakhalinsk, Yesenina  
str. 4/4, 10

**Research interests:** regional oceanology, dynamics of coastal  
waters, wave processes on the shelf, sea ice drift, the Sea of  
Okhotsk, the Kuril Islands.

**Phone:** 8 914-757-43-88.

**Fax:** +7(4242)23-69-66

**Email:** e.tihonchuk@skbsami.ru

**ORCID:** 0000-0002-6722-3570



### Recommended citation:

Moskvitin A.A., Tikhonchuk E.A. STUDY OF HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE AQUATIC ENVIRONMENT IN THE AREA OF THE KURIL ISLANDS. Underwater investigations and robotics. 2023. No. 4 (46). P. 78–86. DOI: 10.37102/1992-4429\_2023\_46\_04\_08. EDN: YGOHWU.