



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной океанографии ЮНЕСКО-МОК и КУПЗ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

«МАСШТАБЫ ИЗМЕНЕНИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ,
ВЛИЯЮЩИХ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА»

Исполнитель: Пуртикова Наталья Евгеньевна, студент группы ПО-М20-1-6

Научный руководитель: д-р геогр. наук, профессор, Аверкиев Александр Сергеевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

Кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Рябенко Ольга Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«10» июль 2022г.

Санкт-Петербург

2022

Введение.

Особое место в морской деятельности занимают исследования гидрологических условий распространения звука в морской воде. Это связано с тем, что явление распространения звука и отражение звука от объектов в морской среде лежит в основе работы гидролокаторов различного назначения и методов их использования. Основными элементами, учитываемыми при оценке условий работы гидролокаторов является распределение скорости звука в морской воде, зависящее, главным образом, от температуры $^{\circ}\text{C}$, солёности $S\text{‰}$ и гидростатического давления P гПа. Важным понятием, используемым при оценке условий распространения звука в морской среде, является вертикальное распределение скорости звука (ВРСЗ). Вертикальное распределение температуры, солёности и скорости звука изменчиво во времени и пространстве, зависит от параметров и стратификации морской воды.

Цель работы оценить изменчивость вертикального распределения скорости звука и параметров морской воды, которые её определяют, в южной части Баренцева моря за период часы-сутки и единицы-десятки километров (км). Объект исследования – мезомасштабная изменчивость типов ВРСЗ, вертикальные распределения температуры и солёности по данным наблюдений на многосерийных и многосуточных океанографических станциях в южной части Баренцева море.

Задачи исследования

1. Сформировать рабочий архив данных судовых наблюдений за температурой и солёностью в южной части Баренцева моря.
2. Произвести расчет профилей скорости звука на всех станциях архива.
3. Провести анализ межсезонной изменчивости скорости звука и параметров морской воды, которые её определяют в 1989 и в 2020гг.
4. Провести анализ изменений, произошедших с профилями скорости звука и параметрами морской воды в 1989 и в 2020гг.

Глава 1. Физико-географические и гидрологические особенности района исследований.

Баренцево море имеет большое народно-хозяйственное значение. Здесь берет начало Северный морской путь, связывающий Европейскую часть России с Сибирью и с западной Европой. На юго-западном побережье расположен крупный незамерзающий морской порт – Мурманск. На шельфе разрабатываются добыча углеводородов. Океаническим и прибрежным рыболовством осуществляется промысел ценных рыб. Южная часть моря из-за воздействия относительно теплого Нордкапского течения практически не замерзает, только в редкие годы кромка льда зимой достигает 70 град с. ш. В северной части моря лед встречается круглый год.

Глубина основной части Баренцева моря -150-300 м, увеличивается по мере приближения к острову Медвежий (максимальная 600 метров). На акватории моря располагаются многочисленные возвышенности и «банки». Небольшие глубины и расчлененность обуславливают значительную изменчивость гидрологических элементов во времени и пространстве на всей акватории Баренцева моря.

В структуре вод Баренцева моря выделяются четыре водные массы:

- атлантическая, теплая и соленая
- арктическая, с отрицательной температурой и пониженной соленостью
- прибрежная, с высокой температурой и низкой соленостью летом и с характеристиками арктической водной массы зимой
- баренцевоморская, с низкой температурой и высокой соленостью, образуется в самом море под влиянием местных условий [1].

Взаимодействие указанных водных масс создает сложную структуру изменчивости в различных масштабах.

Как известно, для оценки условий использования ГАС наибольший интерес представляют случаи основных типов рефракции звукового луча при распространении звуковых волн в акустически неоднородной среде:

- положительная рефракция
- отрицательная рефракция
- подводный звуковой канал

Воды Баренцева моря даже при упрощенной классификации различаются ярко выраженными региональными особенностями, сезонной изменчивостью положения фронтальных зон [2]. В работе [3] отмечено, что в Баренцевом море выделены два района северная

и южная часть. Зимой в северной и южной частях наблюдается положительная рефракция, в летнее время преобладают типы 2-5. Подводный звуковой канал (ПЗК) существует в северной части свободной ото льда с июня по сентябрь. В октябре ось подводного звукового канала выходит на поверхность моря.

Характер районирования по [3] имеет физическую природу, связанную с ледовитостью: северная часть Баренцева моря - в принципе замерзающая, а южная не замерзающая. В связи с этим и возникает значительная разница в типах ВРСЗ.

Глава 2. Общая изменчивость скорости звука. Исходные данные. Типизация.

Скорость звука (c) одна из важнейших акустических характеристик морской среды. Температура, соленость и гидростатическое давление являются основными величинами, от которых зависит скорость распространения звука в морской среде. Величина скорости звука может быть определена контактными методами, с использованием приборов – скоростемеров, либо вычислена по данным вертикального распределения T и S на океанографической станции.

Наибольшее практическое применение получила формула Вильсона. В океане скорость звука меняется в довольно широких пределах от ~ 1400 м/с до ~ 1600 м/с. В Баренцевом море интервал изменчивости меньше. Однако значительные изменения скорости звука и типов вертикального распределения происходят во времени и в пространстве.

При различных типах ВРСЗ возникают гидроакустические явления, оказывающие влияние на дальность его распространения. Если известны данные о положении приемника и источника, то пространственные особенности изменчивости ВРСЗ можно использовать при предварительной оценке условий работы ГАС.

Для оценки вертикального распределения скорости звука в море существует несколько подходов. Поскольку наиболее употребляемы 7 типов, для предварительной оценки слоистой среды ограничимся классификацией ВРСЗ по 7 типам. Классификация может быть расширена в случае установления дополнительных подводных звуковых каналов в придонном слое до 11.

Классическое распределение по семи типам

- Тип 1. Положительный градиент скорости звука от поверхности до дна.
- Тип 2. положительный градиент скорости звука изменяется на отрицательный при глубинах порядка десятка метров.
- Тип 3. положительный градиент изменяется на отрицательный, а затем снова на положительный.
- Тип 4. Дважды происходит изменение знака градиента с положительного на отрицательный.
- Тип 5. Уменьшение скорости звука с глубиной (отрицательный градиент скорости звука)
- Тип 6. Отрицательный градиент сменяется на положительный
- Тип 7. Отрицательный градиент изменяется на положительный, а затем вновь на отрицательный. [3]

Уменьшение скорости звука вблизи поверхности происходит из-за снижения температуры. По мере увеличения глубины температура становится все ниже, пока не достигнет почти постоянного значения. На глубине наибольшее влияние на скорость звука начинает оказывать давление воды. Повышение гидростатического давления с глубиной на 1 атм. приводит к увеличению скорости звука на 0,2 м/с. Гораздо меньшее влияние на скорость звука на глубине оказывает соленость, чем температура или давление. Минимум скорости звука отмечается на глубине z_k , где происходит концентрация звуковых лучей - ось звукового канала.

Расчеты произведены по данным T и S для съемок разной продолжительности от 6 до 30 суток. Данные охватывают февраль, апрель, июнь, сентябрь, октябрь 1989 года и февраль, июнь, ноябрь 2020 года создан рабочий архив - файл формата Excel [4].

Глава 3. Анализ результатов.

Проведенный анализ обработанных данных по типам ВРСЗ позволил установить следующее.

В зимние месяцы (февраль 1989г., февраль–март и апр2020г.) во время всех съемок преобладают типы 1 и 2. Тип 1 соответствует практически однородному распределению температуры воды по вертикали, а тип 2 –однородному распределению температуры в слое до 150м и понижению температуры глубже 150м. Тогда 1 тип обеспечивает благоприятные условия для дальнего распространения звука, а тип 2 – нет. В Южной части Баренцева моря для зимнего месяца отмечается абсолютное преобладание первого типа ВРСЗ: 1989 год 2/3 случаев, в февраль 2020 года 3/4 случаев. Но были и отличия в типах: в 2020 году наблюдается 5 тип ВРСЗ-отрицательная рефракция от поверхности до дна. А в 1989 году от поверхности до 150 м положительная рефракция и от 150 м до дна - отрицательная рефракция.

По съемке апреля установлено, что при пересечении предполагаемого фронтального раздела $T^{\circ}C$ воды изменилась с положительной на отрицательную. В однородной водной массе тип сохранялся на расстояниях в десятки км . Принципиально неоднородные изменения происходят в распространении скорости звука во фронтальной зоне центрального желоба на границе между северной и центральной ветвями Нордкапского течения с одной стороны и Центральным течением с другой стороны. При пересечении предполагаемого фронтального раздела наблюдаются сложные и быстроменяющиеся условия для распространения звука. Таким образом, при приближении к фронтальной зоне и ее пересечении необходимо производить учащенные измерения гидрологических параметров и анализ ВРСЗ для надежной работы ГАС.

В июне 1989 г. и 2020г. в целом преобладает отрицательная рефракция типы 2 и 5 и неблагоприятные для дальнего распространения звука условия. При этом в отличие от зимнего распределения при типе 2 отрицательная рефракция летом начинается с горизонта 20-30м, т.е. условия хуже, чем зимой.

Заключение.

1. По данным полигонных съемок и разрезов, выполненных в южной части Баренцева моря, составлен рабочий архив за периоды февраль –ноябрь 1989 г и февраль –ноябрь 2020г.
2. По данным о температуре и солености произведен расчет скорости звука на всех станциях.
3. Выполнена типизация ВРСЗ и проанализирована их повторяемость в зимние, летние и осенние месяцы 1989 и 2020гг.

Проведенный анализ обработанных данных позволил установить:

4. Анализ устойчивости типов ВРСЗ за период съемок показал, что наблюдалась значительная повторяемость одного и того же типа во времени и по маршруту выполнения съемок.
5. При сохранении типа ВРСЗ наблюдались колебания в положении границ гидроакустических явлений от единиц до десятков метров, что соответствует мезомасштабному диапазону колебаний.
6. При пересечении судном, использующим гидролокатор, фронтального раздела, разделяющего Атлантические и Баренцевоморские воды, гидрологические условия его использования существенно изменяются.
7. Можно предположить, что аналогичные явления будут возникать и при пересечении подобных, высоко градиентных зон в океане: вихрей и меандров.
8. Выполненное исследование дает методические принципы для обработки данных полигонных исследований в различных районах Мирового океана для получения практически важных для информационного обеспечения использования ГАС справочных данных о сохранении типа ВРСЗ по сезонам и районам Мирового океана.

Список литературы

1. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.:Изд-во МГУ; 1982г. С ил.,192 с.
2. Коник А.А., Особенности динамики фронтальных зон в приполярных морях по экспериментальным данным ; магистерская диссертация; Санкт-Петербург; 2019 г.75 с.
3. Попов Н.Н. Методы сопряжения эмпирических данных и данных дистанционного зондирования при разработке геоинформационной системы прогнозирования гидрофизических характеристик мелкого моря ;диссертация; Санкт-Петербург. 2014 г. 129с.
4. Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Гидрометеорологической Информации –Мировой Центр Данных. Обнинск, ул. Королева ,б.
5. Доронин Ю.П., Лукьянов С.В. Лабораторные работы по физике океана; Санкт-Петербург. 1993г.
6. Белкин И.М. Морфолого-статистический анализ стратификации океана, Ленинград, Гидрометеиздат ; 1991г. С.3-23
7. Гордеева С.М. Кластерный анализ /Практикум по многомерной статистике; г. Санкт-Петербург 2021 г.
8. Голубев В. А., Лебедев И.А. Об осреднении вертикальных профилей температуры воды в деятельном слое моря методом опорных точек; Труды АНИИ. С.68-74.
9. Галеркин Л.И., Гриценко А.М., Кутько В.П., Филиппов Д.М. Опыт машинной классификации кривых вертикального распределения температуры воды, солености, плотности, скорости звука и их вертикальных градиентов; статья; Труды ВНИИ МЦД; С.136-138.
10. Ившин В.А., Трофимов А.Г., Титов О.В. Изменчивость термических фронтальных зон Баренцева моря за период 1960-2018гг. ; Труды ВНИРО, 2020. Т.180. С.60-71.
11. Абчук В.А, Суздаль В.Г. Поиск объектов; статья; М.1977г.
12. Грузинов В.М. Гидрология фронтальных зон Мирового океана, Ленинград, Гидрометеиздат,1986.
13. Борисенко К.П., Митько В.Б. Автоматические системы и технические средства корабельных комплексов. Гидроакустические комплексы надводных кораблей. Принципы построения и решаемые задачи СПб:СПбГМТУ,2012.-236 с
14. Л.М. Бреховских, Ю.П. Лысанов Теоретические основы акустики океана, Москва,Наука.2007.
15. А.А. Елагин , А.Л. Демидов Анализ методов определения колебаний уровня моря при гидрографических работах . Вестник Государственного Университета Морского и реч-

- ного флота имени адмирала С.О. Макарова [Электронный ресурс] Режим доступа: ciberleninka.ru – свободный. Дата обращения 20.03.2022
16. Датчики и профилировщики скорости звука [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.valeport.co.uk/product-types/sound-velocity/>– свободный. Дата обращения 20.03.2022
17. Koden Electronics Co.,LTD [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.koden-electronics.co.jp/en/marine> - свободный. Дата обращения 20.03.2022
18. Гидролокаторы бокового обзора (ГБО) Краткий справочник. Инновационный центр Морские и подводные технологии. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://incseatech.ocean.ru/>– свободный. Дата обращения 20.03.2022
19. Роберт Дж. Урик. Основы гидроакустики. Пер. с англ. Л.: Судостроение. 1978. - 448 с [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bookree.org/reader?file=678588&pg=5> свободный. Дата обращения 1.12.2021г.
20. National Physical Laboratory Underwater Acoustics Technical Guides- Speed of Sound in Sea-Water speedsww.pdf Technical Guidance Note: Speed of Sound in Sea Water [Электронный ресурс] Режим доступа: www.comm-tec.com –свободный. Дата обращения 15.12.2021г.
21. Митько А.В., Попов Н.Н. Лабораторный практикум по дисциплине «Морские информационные системы» ; СПб:РГГМУ,2013. 64 с.
22. Монин А.С. Классификация изменчивости 1974г.
23. Скаридов А.С. Морское право РФ; Учебное пособие; Институт по изучению проблем морского права. СПб: Asademus, 2017. 35с. [Электронный ресурс] Режим доступа: oceanlaw.ru -свободный. Дата обращения 1.03.2022г
24. Бучнев А., Токарев А., Добровольцев М., Сапинов А. Россия Родина моя Географический справочник; [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://russia.1pku.ru/index.php/nature/morya-i-okeany/morya/56-barentsevo-more/6-barentsevo-more-> свободный. Дата обращения 1.01.2022