



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра морских информационных систем

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
БАКАЛАВРА

На тему: «Применение контактных и бесконтактных методов изучения мирового океана».

Исполнитель: Окунцов Владислав Олегович

Руководитель: кандидат физико-математических наук, доцент

Лукиянов Сергей Васильевич

«К защите допускаю»

и.о. заведующего кафедрой: _____

кандидат географических наук, доцент

Фокичева Анна Алексеевна

« ____ » _____ 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
КОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ (Т) И СОЛЕННОСТИ (S) ВОДЫ	6
1.1. Определение температуры (Т) и солености (S) воды на основе батометрии	8
1.2. Оптические методы измерения солености (S) воды	16
1.3. Определение температуры (Т) и солености (S) воды с помощью	20
СТД – зондирования	20
Вывод	26
НЕКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ (Т) И СОЛЕННОСТИ (S) ВОДЫ.....	27
2.1. Метод авиационного зондирования.....	27
2.2. Метод космического зондирования	31
Вывод	40
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНТАКТНОГО И НЕКОНТАКТНОГО МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (Т) И СОЛЕННОСТИ (S) ВОДЫ В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ.....	41
3.1. Измерения температуры и солености воды контактным методом в Кольском заливе.....	42
3.2. Измерения температуры воды неконтактным методом в	52
Кольском заливе.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	56

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

МО – Мировой океан

БМ - 48 – Батометр Морской

ГМ - 42 – Гидрограф Морской

БТ – Батитермограф

ГР-18 – Гидрограф Речной

СТД-зонд – Зонд для измерения электропроводности, температуры и гидростатического давления в морской воде

ИСЗ – Система исследования земли

МСУ – Многозональное сканирующее устройство

МТП – Морской торговый порт

ВВЕДЕНИЕ

Мировой океан – является основной частью гидросферы. Его воды при средней глубине, около 4000м занимают 71 % земного шара.

МО представляется источником энергетических, пищевых и минеральных ресурсов, которые широко используются в современной жизни.

Для его изучения применяются контактный и неконтактный методы измерения свойств океана, с помощью которых можно определить температуру, соленость воды и прочие характеристики.

Актуальность данной работы заключается в сравнение двух методов измерения (Т)и(S) для выявления наиболее успешного метода, и в анализе точности полученных данных.

Метод измерений – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений.

Принцип измерений – это физическая взаимосвязь, положенная в основу измерений.

Средство измерений – это техническое средство, применяемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Технология осуществления измерений – это полная совокупность операций по обеспечению получения измерительной информации.

Контактный метод – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения.

Неконтактный (бесконтактный) метод – метод измерений, основанный на том, что чувствительный элемент средства измерений не приводится в контакт с объектом измерения.

Благодаря этим методам информация о распределении глубин на мелководье, концентрация взвешенных неорганических частиц, распределение ледяного покрова, а также о различных океанологических характеристиках

таких как, волнение, температура, соленость, скорость приводного ветра и много другое, является доступной.

Цель работы заключается в анализе двух методов измерений различных характеристик и свойств в Мировом океане.

Для достижения поставленной цели определены и решены следующие задачи:

1. Изучение таких океанологических, как температура (Т) и соленость (S) воды.
2. Исследование контактных методов измерения температуры (Т) и солености (S) воды с помощью различных приборов зондирования.
3. Исследование неконтактных методов измерения температуры (Т) и солености (S) воды: авиационные и спутниковые.
4. Анализ двух методов измерения для изучения МО.

Объектом исследования служат методы измерений характеристик МО.

Предметом исследования является анализ различной методики измерения характеристик и свойств для изучения МО.

Теоретическая часть выпускной бакалаврской работы заключается в описании двух методов океанологических измерений характеристик температуры (Т) и солености (S) воды, а также в описании приборов для этих характеристик.

Практическая часть данной работы заключается в сравнительном анализе двух методов измерения температуры (Т) и солености (S) воды.

КОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ (Т) И СОЛЕННОСТИ (S) ВОДЫ

Контактный метод измерения основан на непосредственном контакте какой-либо части измерительного прибора с измеряемым объектом. К контактными приборам относятся электродные датчики, входным параметром которых является электрическое сопротивление или напряжение. В простейшем виде такой датчик представляет собой пару электродов, которые погружаются в исследуемую среду.

Однако приборы, построенные на основе кондуктометрического метода, имеют погрешности, связанные с поляризацией и загрязнением контактов - электродов прибора. [1]

Температура воды Мирового океана – одна из основных характеристик океанической среды, которая может изменяться в довольно широких пределах как во времени, так и в пространстве. В высоких широтах, в период льдообразования, значение температуры поверхности воды, в зависимости от ее солёности, может составлять $-1,8 - (-1,9) ^\circ\text{C}$, что соответствует нижней границе ее изменчивости. Температура поверхностных вод в тропической зоне океана не превышает обычно $30 ^\circ\text{C}$, а в таких районах, как Карибское, Красное моря, Персидский залив она может достигать и $32 ^\circ\text{C}$, что соответствует верхней границе ее изменчивости. Средняя температура вод океана составляет $3,18 ^\circ\text{C}$. [1,3]

Температура оказывает большое влияние на протекание физических и химических процессов в морской воде, определяет такие ее свойства, как плотность, объем, вязкость, электропроводность, скорость распространения звука, растворимость газов и т.д. Температура является главным фактором образования ледяного покрова. Также сведения о режиме морских вод необходимы для оценки интенсивности процессов коррозии металлов и различных строительных материалов. [1,4]

Изменение температуры объема воды приводит к изменению ее структуры, и практически все характеристики воды становятся функцией температуры. Подобные изменения происходят с любым веществом. Поэтому в качестве термометрических выбираются такие вещества, которые с изменением температуры довольно сильно и линейно меняют свои свойства. Кроме того, для целей термометрии можно использовать и зависимость оптических, электрических, акустических и других характеристик водной среды от изменений температуры. Все это является необходимым условием, так как значение температуры определяется по изменению какой-либо физической характеристики термометрического вещества. [1,4]

Соленость морской воды обобщенно определяет морскую воду как химическую среду, является в океанографии основой для характеристики водных масс, вычисления элементов морских течений, важным фактором при распределении живых организмов. [2]

Соленость морской воды есть суммарное содержание в граммах всех твердых минеральных растворенных веществ, содержащихся в 1 кг морской воды, при условии, что бром и йод замещены эквивалентным количеством хлора, все углекислые соли переведены в окиси, а все органические вещества сожжены при температуре 480 °С. Соленость выражается в промилле (‰) – что соответствует количеству твердых веществ в граммах, растворенных в 1 кг соленой воды, при условии, что все галогены заменены эквивалентным количеством хлора, все карбонаты переведены в оксиды, органическое вещество сожжено. [1,3]

Данная соленость является абсолютной и обозначается символом S . Солёность в океане меняется в широких пределах. Средняя соленость вод Мирового океана составляет 35 ‰, а диапазон ее возможных изменений 0–40 ‰. В районах стоков рек она заметно падает. Минимальные и максимальные значения солености наблюдаются во внутренних морях в зависимости от преобладающего влияния испарения или речного стока с осадками. В среднем

соленость в океане меняется в пределах 28–38 ‰. При этом экстремальные значения солености наблюдаются в приповерхностном слое океана, а минимальные – встречаются в районах малого обмена с водами открытого океана, особенно в приустьевых участках рек. [4]

Воды с максимальной соленостью наблюдаются в районах с интенсивным испарением и отсутствием речного стока. [2]

Среднегодовые колебания солености на поверхности в открытом океане незначительны и не превышают 0,2 ‰, на глубинах 2000–3000 м 0,02–0,04 ‰. Исключение составляют полярные районы, где амплитуда колебаний солености достигает 0,7 ‰, и некоторые прибрежные районы с интенсивным стоком пресных вод со среднегодовой амплитудой солености до 5 ‰. [2]

Крупномасштабное распределение солености в глубинах океана зависит от распределения испарения и осадков на его поверхности и общей схемы циркуляции вод океана. Воды пониженной и повышенной солености обычно отделены ярко выраженным: галоклинном слоем повышенного вертикального градиента солености. Середина этого слоя расположена на глубине 300–700 м. В ряде районов существуют глубинные высокосолёные воды (Средиземное, Красное моря), которые через проливы проникают в океан, смешиваясь с океанскими водами, и распространяются на большие расстояния.

1.1. Определение температуры (T) и солености (S) водина основе батометрии

Батометрия – это отбор проб батометром и работа с пробами на борту в лаборатории.

Температура обычно измеряется термистором, на глубине – глубоководным термометром, электропроводность – с помощью электромагнитной индукции, давление – кварцевым кристаллом. [2]

Пробы воды берутся с помощью специальных приборов – пробоотборников, которые называются в том числе, батометрами.[2]

Батометры чаще всего представляют собой цилиндрические сосуды с крановыми затворами или крышками, которые закрываются под водой на заданном горизонте. Ко всем батометрам предъявляют такие требования:

1. Вода верхних прослоек при опускании не должна задерживаться внутри батометра;
2. Крышки батометра должны закрываться герметически;
3. Стенки внутри батометра не должны окисляться.

Наиболее широко используются батометры БМ-48 (батометр Нансена).

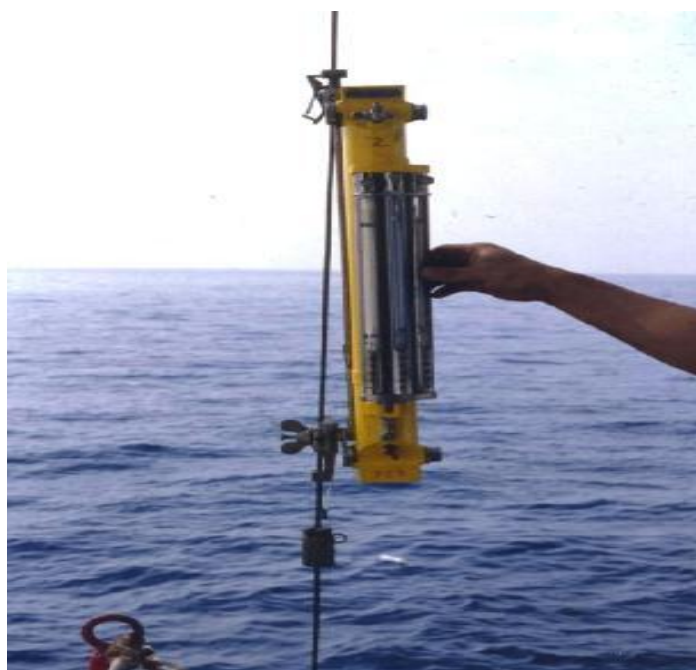


Рисунок.1.1.1 – Морской Батометр БМ-48 (Батометр Ф. Нансена)

Устройство морского батометра

Морские батометры имеют длину 65 см, вес 4,3 кг, ёмкость 1 л. Батометр состоит из латунного цилиндра, окрашенного в белый или серый цвет. На обоих концах цилиндра имеются крановые затворы со щелевидными отверстиями длиной около 60 и шириной 12 мм. Трение кранов регулируется

спиральными бронзовыми пружинами, которые прижимаются к кранам гайками. К расширенным концам обоих кранов прикреплены два параллельных рычага, посредством которых краны закрываются и открываются. Концы рычагов соединены на шарнирах со штоком, этим достигается одновременность действия обоих кранов. [2]

Для предохранения запорных кранов от самопроизвольного открывания на штоке имеется конусный выступ, который при опрокидывании батометра заскакивает за прикрепленную к батометру пластинку и тем самым прочно удерживает краны в закрытом состоянии. Прибор крепится к тросу с помощью зажимного устройства на нижнем конце батометра и спускового устройства на верхнем конце. Для подвешивания и сбрасывания посыльного груза на расположенный ниже батометр на зажиме смонтировано срабатывающее устройство. Для увеличения опрокидывающей силы к спусковому устройству прикреплена направляющая пластина. Для извлечения проб воды в верхней части батометра имеется сливной кран, а в нижней – воздушный клапан, который при выливании воды приоткрывается для доступа воздуха в батометр. к батометру прикреплены два угольника, на которых укрепляется оправа для глубоководных термометров. [2,4]

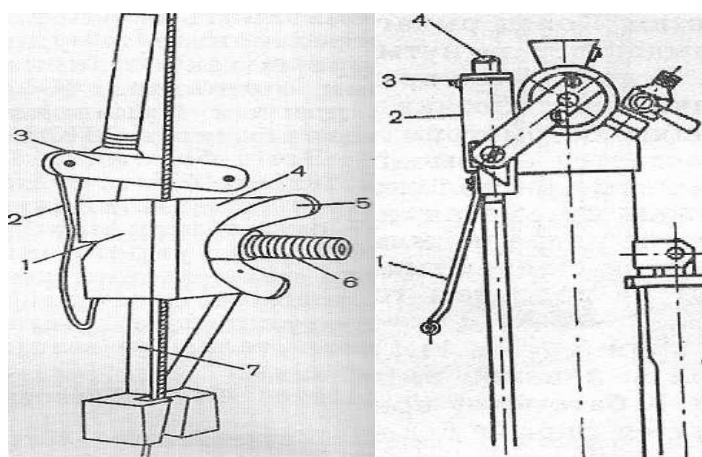


Рисунок.1.1.2 – Спусковой механизм. 1 – направляющая пластина, 2 – цилиндр, 3 – стержень, 4 – прижимная планка, 5 – барашек, 6 – болт

Принцип действия батометра.

Для взятия проб, батометры вывешивают на одном тросе на нужных горизонтах (чаще всего стандартных: 0; 1; 2,5; 5; 10; 20 м). На каждый батометр, кроме самого нижнего, к сбрасывающему устройству крепится грузик. Крепятся батометры, начиная с самого глубоководного (обычно – придонного), к тросу, постепенно вытравливаемому на нужную глубину. После того как последний батометр опускают на необходимую глубину посылают грузик (грузик имеет приспособление, позволяющее свободно двигаться вдоль троса).

Под действием посыльного груза спусковое устройство срабатывает и батометр, верхней своей частью освобождается от троса и под действием силы тяжести опрокидывается на 180 градусов. [2]

Нижний рычаг, упираясь в сбрасывающее устройство, поворачивается и, тем самым, закрывает крановый затвор, а во время поворота батометра шток, соединяющий оба затвора, перемещается вдоль корпуса и увлекает за собой рычаг верхнего затвора. При опрокидывании батометра посыльный груз, освободив верхний конец прибора от соединения с тросом, скользит по тросу далее и ударяет по рычагу сбрасывающего устройства. Тем самым освобождается подвешенный при опускании батометра груз и начинает скользить по тросу вниз до встречи со следующим батометром, заставляя его опрокинуться по тому же механизму. Первый же грузик остаётся на рычаге сбрасывающего устройства. [2]

Проверка батометров БМ-48 и уход за ним

Перед работой проверяют:

1. Герметичность закрывания кранов, путем осмотра, поднятого с глубины и вытертого досуха батометра. При недостаточной герметичности вода, которая содержится в батометре, попадая в условия меньшего давления и более высокой температуры, расширяется и просачивается наружу.

2. Герметичность сливного крана при открытом воздушном клапане. Вода не должна просачиваться.
3. Герметичность воздушного клапана при открытом сливном кране.
4. Правильность опрокидывания батометра. Закрепленный на тросе батометр опускают на небольшую глубину, после чего трос сильно раскачивают из стороны в сторону. Батометр не должен перевернуться.
5. Правильность действия всего спускового механизма. Батометр опускают на глубину 5-10 м и пускают посыльный грузик. Если спусковой механизм исправный, то должны быть слышны три удара: первый - удар груза об спусковое устройство, второй - удар груза об сбрасывающее устройство, третий - удар батометра об трос после опрокидывания.

Уход. После работы батометры тщательно промывают теплой пресной водой желательнo с мылом. Посыльные грузы прочищают и смазывают жидким маслом. Батометры хранят в специальных стойках в вертикальном положении.

Батометр ГМ-42 изготавливается из нержавеющей стали и представляет собой полый цилиндр диаметром 25 см и длиной 110 см. Объем батометра 54 л, масса без воды около 25 кг. На обоих концах цилиндра расположены откидные крышки с резиновыми прокладками для обеспечения герметичности. По бокам крышек закрепляются пропущенные через скобки концы тросов, которые поддерживают крышки в открытом положении. Через общее кольцо они присоединяются к крюку размыкающего устройства. [2]

Вторая пара тросов, которая захлопывает крышки и поддерживает их в закрытом положении, пропускается через ролики и прикрепляется к крышкам сверху. Вторыми концами эти тросы неразъемно присоединяют к размыкающему устройству. [1,2]

Батометр опускается на первой паре тросов, которые поддерживают крышки в открытом положении. Вторая пара тросов находится в свободном (ненатянтом) положении. После достижения заданного горизонта, по

несущему тросу опускают массивный посыльный груз, массой 800 г, который ударяет по штоку размыкающего устройства, и освобождает первую систему тросов. Под действием своей массы батометр опускается вниз и натягивает вторую систему тросов, в результате чего крышки батометра закрываются. Слив воды производится через специальное сливное устройство, предварительно отворив воздушный клапан. [2]

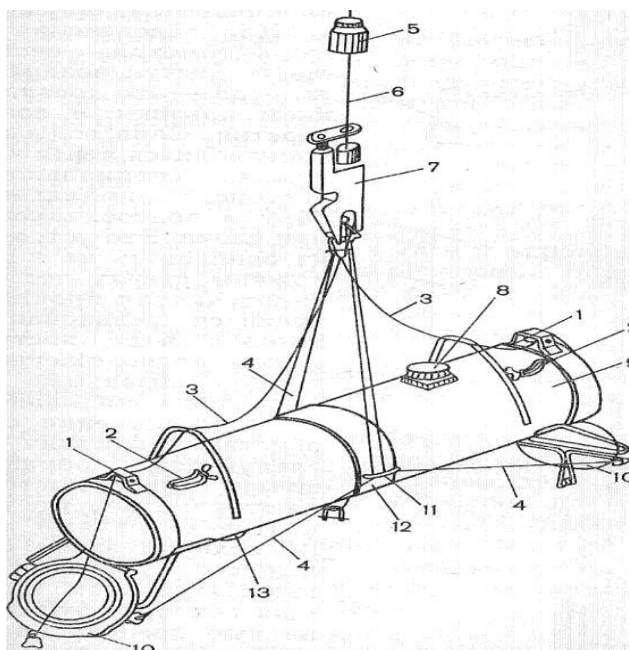


Рисунок.1.1.3 – Батометр ГМ-42 большого объема. 1 – ролики, 2 – накидные болты, 3 – тросы, управляющие крышками, 4 – концы тросов, 5 – посыльный груз, 6 – трос подвески батометра, 7 – размыкатель, 8 – крышка воздушного отверстия, 9 – полый цилиндр 10 – откидные крышки, 11 – скобки, 12 – хомут, 13 – клапан слива воды

Батометр Молчанова ГР-18 предназначен для взятия проб воды с различных глубин водоемов, с одновременным измерением температуры воды исследуемого слоя, при температуре окружающей среды от +1°С до +40°С. [1,2]

Подготовка к работе и порядок работы батометра Молчанова ГР-18

Для работы с батометром на конце троса делается петля (коуш). Эта петля вставляется в прорезь центральной оси и закрепляется винтом (предварительно трос продевается в отверстие головки). [2]

Перед началом работы проверяется надежность срабатывания пружины батометра, а также герметичность закрытия нижних (входных) отверстий цилиндров крышками коромысла. Перед опусканием в воду нижнее коромысло отводится и поворачивается на 90° сжимая пружину и открывая нижнее отверстие цилиндров. Собачки, заходя за выступ центральной оси, удерживают пружину во взведенном состоянии. [1,2]

Работа с батометром Молчанова производится с лодки, понтона или катера. Батометр опускается на заданную глубину на тросе с применением любой гидрометрической лебедки. После опускания в заданную точку, батометр выдерживается в течение 2-3 минут, после чего опусканием груза закрываются крышки, и батометр поднимается на поверхность. [2,4]

При подъеме батометра на поверхность быстро производится отсчет по обоим термометрам. Слив воды производится через краны, вделанные в нижние крышки цилиндров. По окончании работы батометр следует ополоснуть и протереть сухой тряпкой или просушить. После этого уложить в футляр. [2,4]

Лицо, ответственное за техническое обслуживание батометра, делает отметку о постановке его на эксплуатацию и ведет учет неисправностей батометра, о чем делает запись в соответствующих разделах паспорта. [2]

Правила хранения и транспортирования

Батометр должен храниться в сухом, отапливаемом и проветриваемом помещении при температуре от $+5^\circ\text{C}$ до $+40^\circ\text{C}$ и относительной влажности до

80% при отсутствии паров кислот и других едких веществ, вызывающих коррозию деталей. [2,4]

Транспортирование батометров производится всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах при температуре от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$. [2,4]

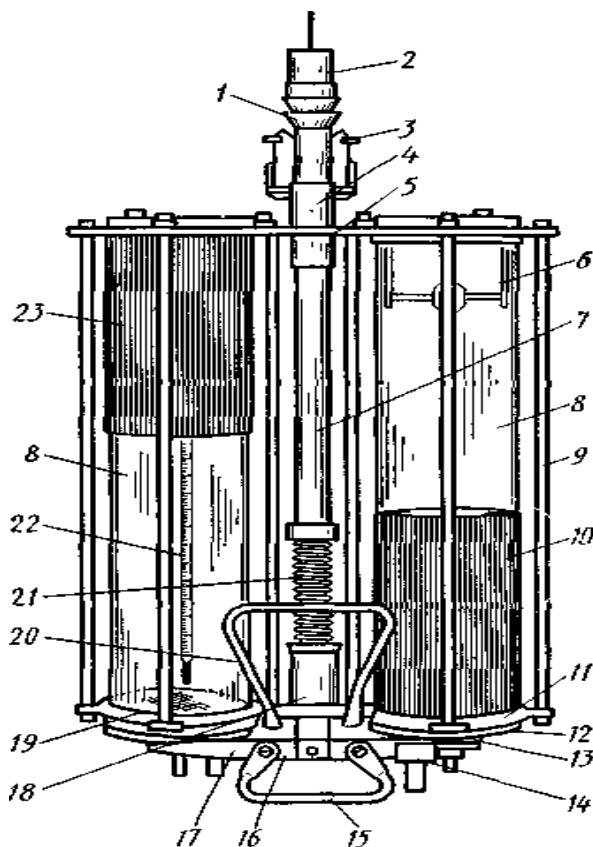


Рисунок.1.1.4 – Батометр И. В. Молчанова:

1 – втулки; 2 – головка; 3 – собачки; 4, 18 – втулки; 5, 11 – верхнее и нижнее основания; 6 – кронштейн; 7 – ось; 8 – цилиндр; 9 – стяжки; 10, 23 – непрозрачные кольца; 12 – резиновые прокладки; 13 – металлические диски (крышки); 14 – кран; 15, 20 – ручки; 16 – планка; 17 – коромысло; 19 – резиновое кольцо; 21 – пружина; 22 – термометр

Пробы воды берут, как правило, на всех океанографических станциях со стандартных горизонтов для определения физических и химических свойств, а также для анализа загрязняющих эту воду веществ [15]. Основными условиями при этом является получения пробы с точно заданного горизонта и предохранение ее от перемешивания с водой других слоев, от испарения, от

химического влияния прибора, которым набирают пробу и посуды, в которой проба будет храниться. Необходимые объемы воды определяются тем, с какой целью берутся эти пробы. [1,2,4]

Кроме извлечения проб для определения состава воды, при помощи морского батометра измеряют еще и температуру воды на различной глубине. С этой целью через верхнюю крышку батометра пропускают термометр, а весь прибор помещают в особый цилиндр, благодаря чему взятая проба воды окружена слоем воды, плохо проводящей тепло, и проба таким образом сохраняет свою первоначальную температуру. Если же в пробе определяют только общее количество солей (соленость) и количество растворенного кислорода, то ее объем должен быть не меньше 300 мл. При определении стандартного комплекса химических элементов (S‰, Si, P, N, pH, щелочность) объем пробы должен быть не меньше 1000 мл [15]. Для определения химических загрязнителей – 7 – 10 л, а при определении радиоактивности воды объем пробы должен быть в несколько десятков литров (50 - 200 л). [1,4,]

1.2. Оптические методы измерения солёности (S) воды

Метод определения солёности по оптическим характеристикам основан на зависимости коэффициента преломления света в морской воде от ее солёности. Для определения коэффициента преломления света водой разной солёности могут быть использованные рефрактометры и интерферометры. [2,5]

Рефрактометрия - один из широко используемых в анализе веществ метод, позволяющий довольно просто определить вещество, находящееся в жидком состоянии, или определить концентрацию двухкомпонентных растворов. Рефрактометрия основана на явлении преломления света при переходе из одной среды в другую, называемом рефракцией. Показатель преломления зависит от внутреннего состояния вещества, от его температуры, давления, концентрации примесей, природы растворителя. Принцип действия

промышленных рефрактометров базируется на использовании явления полного внутреннего отражения света в оптической призме, находящейся в контакте с жидкостью. [5]

Свет от источника вводится в оптическую призму и падает на ее внутреннюю поверхность, контактирующую с исследуемым раствором. Световые лучи попадают на границу раздела призмы и раствора под различными углами. Часть лучей, угол падения которых больше критического, полностью отражаются от внутренней поверхности призмы и, выходя из нее, формируют светлую часть изображения на фотоприемнике. Часть лучей, угол падения которых меньше критического, частично преломляются и проходят в раствор, а частично отражаются и формируют темную часть изображения на фотоприемнике. Положение границы раздела между светом и тенью зависит от соотношения коэффициентов преломления материала оптической призмы и исследуемого раствора, а также длины волны излучения источника света. [5]

Поскольку оптические характеристики призмы и длина волны источника постоянны, то по положению границы раздела света и тени на фотоприемнике можно однозначно определить коэффициент преломления или оптическую плотность исследуемого раствора. Так как оптическая схема рефрактометров построена на использовании отражения и прохождения света только внутри призмы, то ни прозрачность раствора, ни наличие в нем рассеивающих свет нерастворимых включений и газовых пузырьков не влияют на результаты измерения. [2,5]

Для компенсации влияния температуры исследуемой жидкости на результаты измерения концентрации в промышленных рефрактометрах используются тепловые датчики. На (рис. 1.2.1) приведены основные оптические схемы промышленных рефрактометров. Исходя из определения показателя преломления, его измерение может быть основано на явлениях, порождаемых изменениями скорости распространения световой волны в данном веществе по сравнению со скоростью света в вакууме, - на изменении

фазы, амплитуды и поляризации световой волны, преломленной на границе раздела «исследуемая среда - вакуум», либо отраженной от нее. Прямое измерение абсолютного значения показателя преломления исследуемой среды отличается повышенной трудоемкостью, связанной с необходимостью откачки воздуха всякий раз после помещения измеряемого образца в прибор, поэтому измеряют показатель преломления исследуемой среды относительно другого (образцового) вещества, показатель преломления которого известен, а его абсолютное значение вычисляют по соотношению: [5]

$$n_{ис} = \frac{n_{ис}}{n_0} n_0 = n_{относ} n_0 \quad (1.2.1)$$

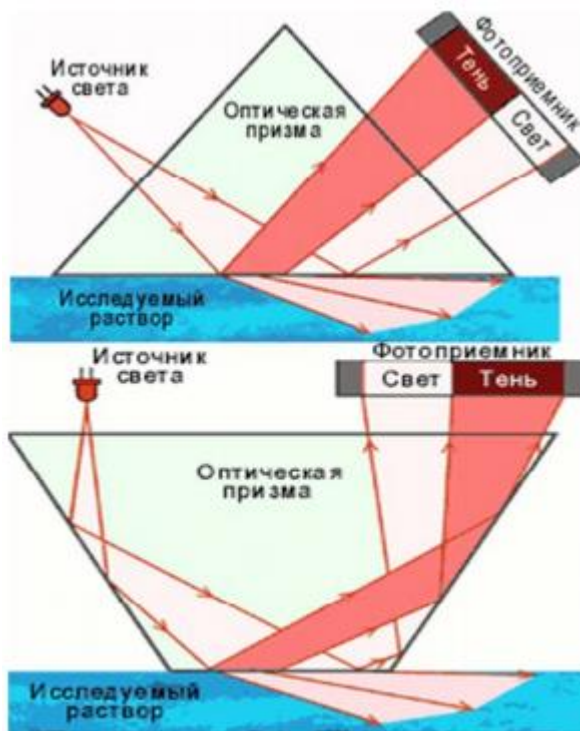


Рисунок.1.2.1. Основные схемы промышленных рефрактометров

Измерение фазы световой волны может быть обнаружено по искажению интерференционной картины (это явление лежит в основе интерферометрических методов). При наклонном падении светового пучка на границу раздела двух сред изменение фазы в пределах поперечного сечения

преломленного светового пучка приводит к повороту волнового фронта, изменяется интенсивность отраженного и преломленного пучков, причем в разной степени в зависимости от ориентации плоскости поляризации относительно плоскости падения. Эти явления лежат в основе всех применяемых в настоящее время методов измерения показателя преломления. [1,5]

Интерферометр (рис. 1.2.2) состоит из оптического устройства для получения пучка параллельных лучей - коллиматора; двух оптических пластинок, через которые проходят параллельные пучки; двух кювет с плоскопараллельными стеклянными стенками; термостата, в который помещаются кюветы; зеркала, которое имеет две двойные диафрагмы; компенсатора с микрометрическим винтом; окуляра и термометра для измерения температуры в термостате. [2,5]

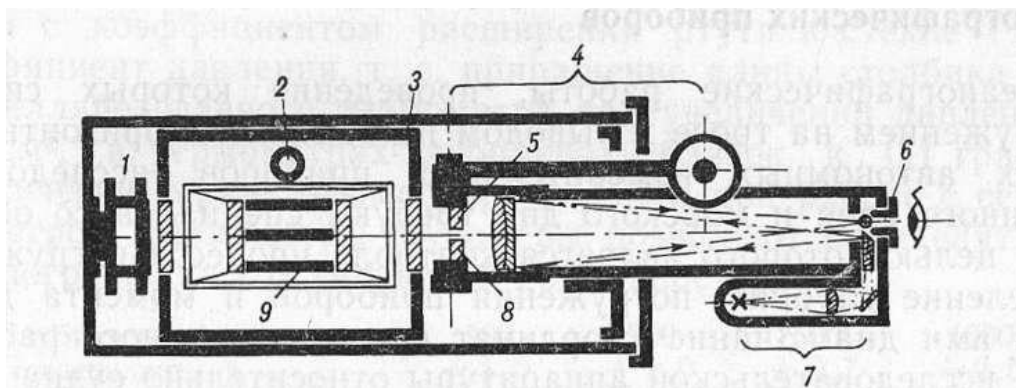


Рисунок.1.2.2 – интерферометр

Принцип работы интерферометра заключается в том, что два луча от коллиматора проходят пластинки и кюветы, в одной из которых находится "нормальная" вода, а в другой - исследуемая проба морской воды, в которых они преломляются. Далее, отразившись от зеркала, они возвращаются в окуляр. Каждый луч проходит через пластинку и кювету. В связи с тем, что коэффициент преломления луча исследуемой и "нормальной" воды разный,

интерференционные полосы в окуляре оказываются сдвинутыми по отношению друг к другу. [5]

Перемещая одну из оптических пластинок с помощью микрометрического винта компенсатора, можно соединить интерференционные полосы в окуляре. Угол поворота микрометрического винта фиксируется на его шкале. Для разных температур термостата строятся графики, которые определяют соотношение солёности исследуемой пробы и отсчета микрометрического винта. [5]

Интерферометр снабжен кюветами разного объема - 4, 6 и 10 см³. В малой кювете с помощью интерферометра можно определить солёность в диапазоне от 0 до 35‰ с погрешностью 0.03‰. При использовании большой кюветы погрешность измерения может быть снижена до 0.003‰. Время, необходимое для определения солёности одной пробы, 7-8 минут. Причем большая часть времени – 5-6 минут - тратится на термостатирование проб перед началом измерения. [5]

1.3. Определение температуры (Т) и солёности (S) воды с помощью СТД – зондирования

СТД-зондирование. Зонд достигает глубины от 200 до 1830 м в зависимости от модели прибора. В начале 1960-х годов, помимо замены механических инструментов на нансеновских батометрах электронными инструментами, измеряющими электропроводность, температуру и глубину, была проведена разработка специализированных СТД-зондов. Результаты измерений записываются в электронной форме или внутри инструмента во время погружения или на компьютер на борту корабля. Температура обычно измеряется термистором, электропроводность – с помощью электромагнитной индукции, давление – кварцевым кристаллом. [6,13]

Среди производителей CTD-зондов имеется несколько крупных компаний-лидеров, разработавших и выпускающих CTD-зонды, которые отличаются наиболее хорошими метрологическими характеристиками. [6]

Кабельные зонды используют кабель-трос для своего электропитания и передачи данных в цифровом виде в бортовое устройство или сразу в компьютер. Главным достоинством кабельных зондов является возможность наблюдения за изменением измеряемых величин в реальном масштабе времени. Это качество особенно важно для оперативной оценки изменяющихся характеристик водных масс. В настоящее время аналогично батитермографам разработаны и невозвратные CTD - зонды, проводящие измерения температуры, электропроводности и давления с глубиной на свободно падающем обтекаемом грузе. Точность измерения температуры и солености разными батитермографами и зондами представлена в (табл. 1.3.1). [1,6]

Таблица 1.3.1 – Таблица точности измерения температуры и солености

Тип датчика	Точность измерений			Комментарий	
	Глубина (давление), %	Температура, °C	Соленость, ‰	Предельная глубина измерений, м	Источник
Механический батитермограф	0,1	0,02	Не измеряется	500	(Worley et al., 2005; Stewart, 2006)
Цифровой батитермограф	0,1	0,05		1000	(Pankajakshan et al., 2003; Stewart, 2006)
Невозвратный батитермограф	2	0,1—0,15		1800	(Worley et al., 2005)
Зонд измерений солености, температуры и глубины	0,015—0,08	0,001—0,005	0,02	6000	(Lawson, Larson, 2001)
Зонд измерений электропроводности, температуры и глубины					
Невозвратный зонд измерений электропроводности, температуры и глубины	2	0,02	0,05	1000	(Johnson, 1995; Mizuno, Watanabe, 1998)

Батитермограф (БТ) – механическое устройство, которое показывает профиль температуры в зависимости от глубины на задымленном куске стекла. Он предназначен для измерения и записи распределения температуры

воды по вертикали в верхнем 200-метровом слое моря. БТ может использоваться как в дрейфе, так и на ходу судна.[2,6]

Устройство. БТ (ГМ-9) состоит из двух основных частей: термоблока, который регистрирует изменение температуры, и батиблока, который показывает глубину. Перемещение этих двух блоков прибора комбинируется в одно перемещение пера, которое записывает на стеклянной пластинке со специальным покрытием изменение температуры в зависимости от глубины. Таким образом и получают распределение температуры воды по вертикали до 200 метров. [2,4,6]

Термоблок представляет собой термосистему (медная капиллярная трубка длиной около 20-25 метров), один конец которой запаян, а другой соединен с полый бронзовой геликоидальной пружины. Эта система заполнена толуолом. К свободному концу пружины припаяна стрелка с иглой на конце. При изменении температуры воды меняется объем толуола, которым заполнена система. В результате возникает упругая деформация пружины, которая заставляет скручиваться или раскручиваться эту пружину. При этом игла стрелки скользит по стеклу, которое имеет специальное покрытие и с погружением прибора процарапывает на покрытии линию толщиной меньше 0.1 мм. Другая стрелка, прикрепленная к раме, служит для нанесения базисной линии. Трубка с толуолом намотана на гребенки стабилизатора и защищена от механических повреждений. [6]

Батиблок содержит цилиндрическую пружину, надетую на неподвижный стрежень и заключенную в герметичный блок сильфонов. Сильфоны воспринимают непостоянное давление воды и передают его пружине. Один конец сильфона закреплен неподвижно, а ко второму (подвижному) прикреплен столик, на котором лежит стекло. [6]

При погружении прибора втулка под действием гидростатического давления столба воды перемещается по стрержню на расстояние, пропорциональное давлению. При этом столик перемещается в сторону

неподвижного конца пружины, а стрелка термоблока чертит на закрепленном на этом столике стеклянной пластинке, размером 5х6 см, линию изменения температуры с глубиной. [2,6]

В комплект прибора входит отсчетное приспособление, которое применяется для обработки записи на стекле. Оно представляет собой рамку с установленной на ней лупой. В рамке жестко установлена сетка, построенная по результатам градуировки батитермографа. Стеклянная пластинка с записью устанавливается на этой сетке таким образом, чтобы базисная линия на стекле совпадала с базисной линией на сетке. Цена деления отсчетной сетки составляет: по температуре - 0.2°C , а по глубине - 2 метра. [6]

Батитермограф ГМ-9 имеет диапазон измерений температуры воды от -2 до 30°C . Точность отсчета - 0.1°C . Масса прибора 10-15 кг. [6]

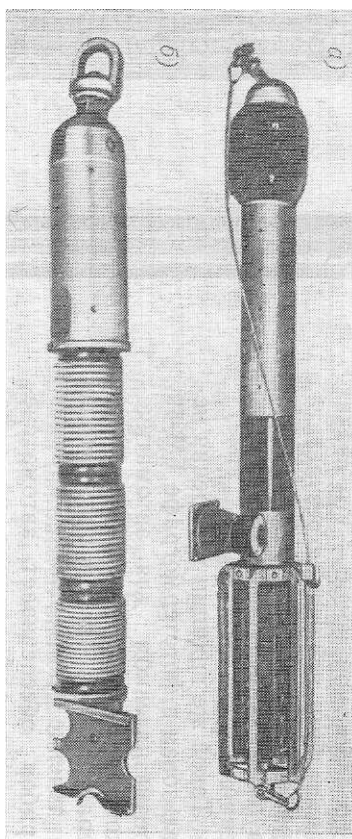


Рисунок.1.3.1 – Батитермограф ГМ-9.

Это устройство широко использовалось для картирования термической структуры вод верхней части океана включая слой перемешивания до того, как

было заменено в 1970-х годах сначала цифровыми, а потом невозвратными батитермографами. [6]

Невозвратный батитермограф – электрический прибор, который измеряет изменение температуры с глубиной, используя термистор на свободно падающем обтекаемом грузе. Термистор соединен с омметром на корабле тонкой медной проволокой, которая разматывается с тонущего груза. Сейчас невозвратный батитермограф – наиболее распространенный инструмент для измерений вертикальной термической структуры океана. Зонд достигает глубины от 200 до 1830 м в зависимости от модели прибора. [2,6]

Характеристики невозвратного батитермографа

1. Скорость падения постоянна, обеспечивая точность по глубине $\pm 2\%$
2. Точность определения температуры $\pm 0.1^\circ\text{C}$.
3. Вертикальное разрешение обычно 65 см.
4. Зонд достигает глубин от 200 до 1830 м в зависимости от модели.

Профилограф – SBE 19plus V2 представляет собой новое поколение STD второго класса со значительными улучшениями в точности измерений, разрешающей способности, надежности и простоте использования для широкого спектра исследований, наблюдений и инженерных изысканий. [13]

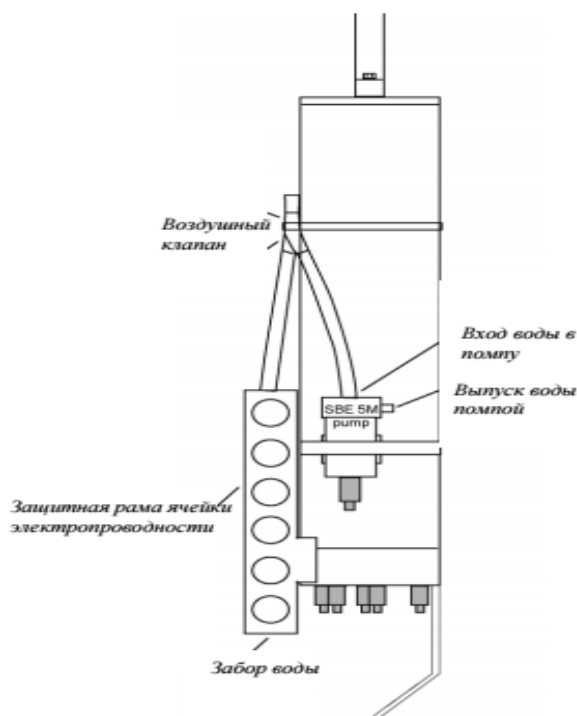


Рисунок.1.3.2 – Устройство профилографа SBE 19plus V2

Применение системы прокачки модульных датчиков Т-С позволяет свести к минимуму погрешности, связанные с различиями в их инерционности и конструктивных особенностях, что, в свою очередь, позволяет использовать данный STD в районах как с большими градиентами параметров, так и в местах очень незначительных градиентов. Применение системы прокачки позволяет минимизировать погрешности, связанные с качкой судна и неравномерностью скорости опускания прибора в толщу вод.[13]

SBE 19plus V2, по сравнению со своим легендарным предшественником SEACAT 19, имеет более высокую частоту опросдатчиков – (4Гц против 2Гц) и меньшую погрешность измерений (0.005°C против 0.01°C для температуры и 0.1% полной шкалы против 0.25% полной шкалы для давления), имеет больший объем памяти (64 Мбайт против 1 Мбайта). SBE 19plus V2 рассчитан для подключения семи дополнительных датчиков. Оцифровка выходных значений производится с разрешением 14бит, а не 12бит, как прежде. Разводка кабелей стала проще и надежней, поскольку шесть дифференциальных входов для

подключения дополнительных датчиков реализованы в трех отдельных разъемах, а для помпы выделен свой отдельный разъем. Все контактирующие с водой поверхности сделаны либо из пластика, либо из титана, а не из алюминия, что обеспечивает долгий срок службы при минимальном уходе. [5,13]

Профилограф SBE 19plus V2 может эксплуатироваться автономно, без компьютера, даже с небольшой лодки, а собранные данные обрабатываются позже на Вашем персональном компьютере. Зонд может использоваться и в режиме телеметрии - данные будут передаваться по одножильному кабелю с профилографа в реальном времени прямо на последовательный порт вашего компьютера. [5,13]

Профилограф может быть дополнен датчиками растворенного кислорода, рН, мутности, флюоресценции, PAR и OPR и др., в общей сложности до 7 дополнительных датчиков. Кроме того, в режиме буйковой постановки прибор переводится в режим измерения временных серий параметров с нужной пользователю частотой.[13]

Вывод

В ходе изучения контактных методов измерения температуры и солености воды, были выделены следующие методы: метод измерения (T) и (S) воды на основе батиметрии, оптический метод измерения (S) воды, и метод измерения (T) и (S) воды с помощью CTD – зондирования. Также были изучены приборы с помощью которых проводятся эти измерения. Данные приборы находятся в непосредственном контакте с водой, благодаря которому возможно получить значения для определения (T) и (S) воды. Однако среди перечисленных приборов стоит выделить приборы CTD – зондирования, они превосходят прочие приборы как в измерительных характеристиках, так и в функционале, так же стоит отметить функцию установки периферийных

модулей измерений, что позволяет заменить множество измерительных приборов и станций одним зондом.

НЕКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ (Т) И СОЛЕННОСТИ (S) ВОДЫ

В основе неконтактных методов измерений океанологических характеристик лежит измерение распространяющегося от моря излучения, характеристики которого не несут информацию о физических свойствах моря. [7]

В зависимости от вида регистрируемого излучения дистанционные методы измерений разделяются на электромагнитные и акустические. Дистанционные измерения могут производиться с использованием как естественных, так и искусственного излучения среды. В первом случае они называются пассивными, во втором – активными. [5,7]

Электромагнитные неконтактные методы в зависимости от длины волны используемого излучения разделяются на оптические (0,3-1,0 мкм), инфракрасные (1 мкм-1 мм) и микроволновые (1 мм-1 м). Оптические пассивные методы включают космическую и аэрофотосъемку, телевизионную съемку и спектрометрию. [5]

С помощью данных методов удается получить информацию о распределении многих океанологических характеристик.

2.1. Метод авиационного зондирования

Использование авиационных лидаров для зондирования приповерхностных слоев океана позволяет решать широкий круг задач. Однако авиация не может заменить контактные методы. [9]

Интерес к использованию авиационных лидаров обусловлен тем, что они обеспечивают быстрый сбор оперативной информации о различных процессах

на поверхности и в подповерхностном слое океана на значительных акваториях;

Дают практически не искаженные временной изменчивостью пространственные распределения измеряемых характеристик;

Работают в условиях, когда пассивное зондирование со спутников и авианосителей в видимой области невозможно (сплошная облачность, темное время суток);

Позволяют проводить измерения на акваториях, где исследования с судов затруднены (мелководье со сложным рельефом, сложная ледовая обстановка).

Важнейшее преимущество лидарных методов по сравнению с другими дистанционными методами исследования океана (акустическими, радиолокационными) - уникальная возможность проведения измерений через границу раздела «воздух-вода». [9]

Среди недостатков авиационных лидарных методов, ограничивающих возможности их практического применения, следует отметить следующие: Лидары позволяют получать информацию только о поверхности и относительно тонком (до глубины 50-70м) приповерхностном слое морской воды. Важно отметить, однако, что именно в этом слое наблюдается наиболее сильная изменчивость характеристик морской воды. [9]

Лидары позволяют определять только оптические характеристики морской воды.

Лидарные методы относятся к дистанционным и косвенным, что сильно осложняет проведение с их помощью абсолютных измерений. Во многих случаях для проведения калибровок, необходимых для получения абсолютных значений измеряемых величин, приходится привлекать данные сопутствующих судовых измерений, выполненных на небольшом количестве станций в исследуемой акватории. [7]

Однако современной тенденцией развития авиационных лидарных методов является разработка методик, позволяющих получать абсолютные значения различных характеристик морской воды непосредственно из авиационных измерений и сводить сопутствующие судовые измерения к минимуму. [7,9]

По методам измерений и по решаемым задачам существующие авиационные лидары можно разделить на следующие типы:

(а) флюоресцентные (спектральные) лидары, дающие информацию о качественных и количественных характеристиках взвешенного и растворенного в морской воде вещества путем анализа спектрального состава проинтегрированных по времени эхо-сигналов от верхнего относительно тонкого слоя воды; [7,9]

(б) батиметрические лидары, обеспечивающие регистрацию вертикальных профилей характеристик морской воды путем анализа временной формы эхо-сигнала, возникающего при зондировании толщи океанской воды коротким лазерным импульсом. Интенсивность сигнала обратного рассеяния при прохождении излучения через взволнованную поверхность испытывает гигантские флуктуации. Это приводит к тому, что интерпретация данных без учета состояния поверхности сильно искажает картину структуры рассеивающей среды. Максимальные глубины батиметрических и других лазерных и оптических измерений непосредственно зависят от коэффициента ослабления водной толщи. Одна из наиболее важных задач лазерного упругого зондирования состоит в измерении этого важного параметра. [7,9]

Летные испытания и экспериментальная лидарная съемка были выполнены в сентябре 2000г. при полетах над акваториями Белого и Баренцева морей. Летные испытания АПЛ-1 прошли успешно и показали, что условия на борту самолета-лаборатории вполне обеспечивают возможность работы лидара, в том числе проведения многочасовых циклов измерений. [7]

Авиационные лидары используются для оперативной съемки пространственного распределения характеристик воды океана. Благодаря высоким скоростям проведения съемки удается получать картину пространственного распределения без влияния временной изменчивости. В современных авиационных лидарах используют лазеры на органических красителях с мощностями ~0,1 – 0,5 МВт. Лидары предназначены для измерений с высот ~30-300 м. В состав лидаров вводится бортовая ЭВМ. Путем соответствующей настройки длины волны в таких лидарах обеспечивается возможность измерения показателей преломления, поглощения и рассеяния (рис. 2.1.1). [5,9]

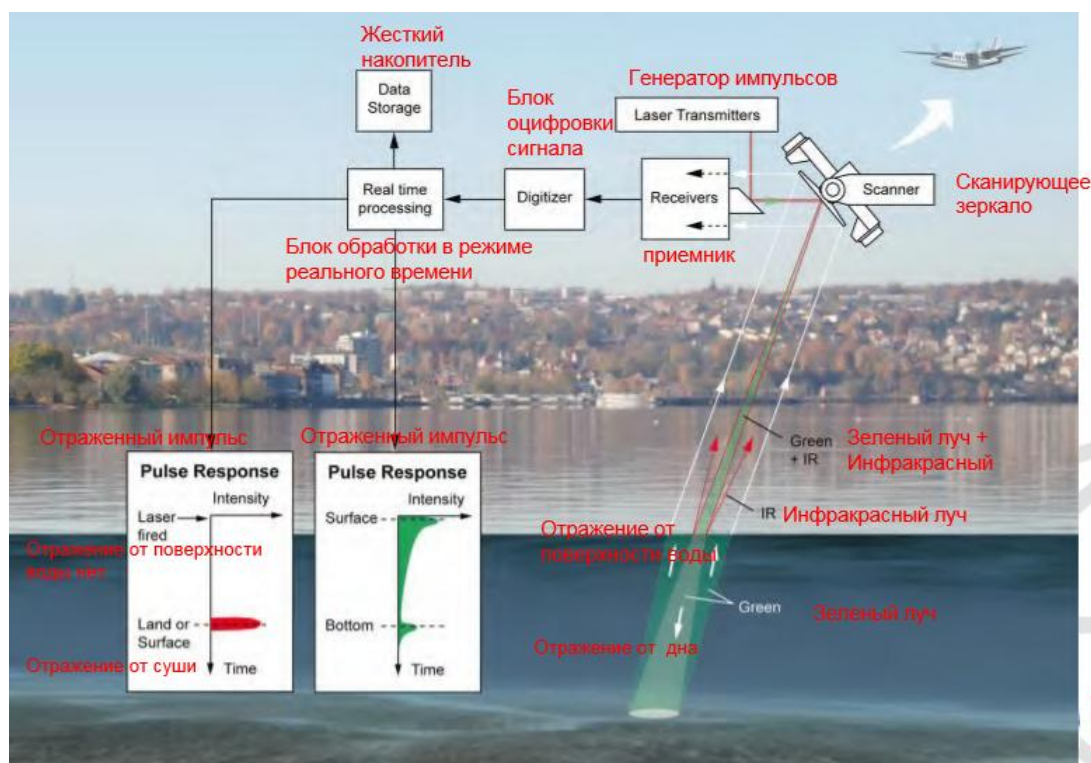


Рисунок.2.1.1 – Принцип действия авиационной батиметрической системы на примере

В случае авиационного батиметрического лидара посылаемых вниз зондирующий лазерный импульс последовательно отражается от поверхности воды и от дна. Часть отраженного излучения попадает на вход фотоприемника лидара. Производится измерение временного интервала между моментами

прихода этих импульсов на фотоприемник, и по величине рассчитывается глубина. В батиметрическом лидаре, расположенном под поверхностью воды, отсчитывается от момента излучения зондирующего импульса. Максимальная глубина, которая может быть измерена батиметрическим лидаром, зависит от его технических характеристик (мощности зондирующего импульса, чувствительности), а также и от оптических характеристик воды, отражательной способности дна и уровня фоновой засветки. Если лидар находится в воздухе, то к этому можно добавить зависимости от высоты над поверхностью воды и от состояния атмосфере и поверхности моря. [9]

При развитии лидарных методов океанологических исследований создаются лидары для измерения вертикального распределения различных характеристик, что дает возможность получения трехмерных картин. Важным направлением является также создание многоканальных лидаров, измеряющих целый комплекс характеристик. Такие лидары дают возможность регистрировать различного типа неоднородности и делать заключения по типам корреляционных связей между отдельными характеристиками о порождающих эти неоднородности океанологических процессах. [7,9]

2.2. Метод космического зондирования

Большая обзорность и информативность – одно из главных принципиальных отличий и достоинств космических методов изучения океана. Приборы, установленные на спутниках, регистрируют активный (отраженный) или пассивный (собственное излучение) сигнал в различных областях электромагнитного спектра, который необходимо преобразовать в интересующую океанологов физическую величину. [10]

Дистанционное зондирование в видимом диапазоне основано на наблюдении яркости рассеянного и отраженного океаном солнечного света.

Таковую съемку ведут с помощью оптических камер и сканеров: из российских – это многозональные сканеры МСУ-М, МСУ-СК и МСУ-Э на спутниках «Ресурс-О» и «Метеор», «Океан»; из зарубежных – сканеры спутников NOAA, Landsat, Spot, IRS и многих других, а также специально созданные для изучения цвета океана системы CZCS (Coastal Zone Color Scanner) спутников Nimbus и SeaWiFS (Sea viewing Wide Field Sensor - сканер цвета моря) спутника SeaStar. [5]

Зондирование в тепловом инфракрасном диапазоне для определения температуры поверхности океана основано на измерении собственного теплового излучения поверхности океана. [5]

Пассивное зондирование в микроволновом радиодиапазоне, который в отечественной литературе называют СВЧ-диапазоном, основано на регистрации собственного СВЧ и радиотеплового излучения океана (системы океан-атмосфера); [5]

Активное (радиолокация) зондирование – на излучении со спутника и приеме отраженного/рассеянного морской поверхностью радиосигнала. Среди данных пассивных СВЧ-радиометров накоплены значительные массивы данных радиометров SSMR спутников Nimbus и SSM/I, спутников DMSP. С помощью пассивных радиометров можно получить информацию о температуре поверхности океана, сплоченности и толщине морских льдов и даже солености. [5,10]

Основным средством активного зондирования стали радиолокаторы бокового обзора с реальной антенной (РЛСБО) и антенной с синтезированной апертурой (РСА или SAR) (Рис.2.2).

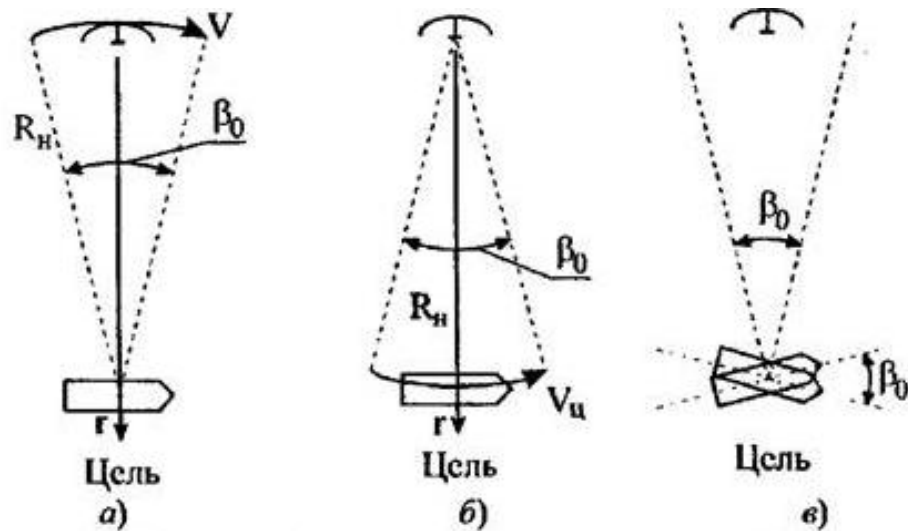


Рисунок.2.2.1 – Методы формирования синтезированной апертуры за счет движения приемопередающей антенны РЛС (а), перемещения самой цели(б), поворота цели (в)

Программы исследования Мирового океана во всех развитых странах расширяются стремительными темпами. По предварительным оценкам, информативность спутниковых систем исследования Земли (ИСЗ) такова, что она в ряде случаев намного выше традиционных контактных методов. Определение, например, температуры поверхности Мирового океана с использованием только одного океанологического ИСЗ эквивалентно синхронным измерениям на 20000 научно-исследовательских судах. [5,10]

Во время движения ИСЗ по орбите проводится исследование поверхности Земли вдоль траектории полета, при этом информация от научных приборов может непрерывно или по заданной программе записываться на борту ИСЗ и передаваться на наземные пункты при пролете над ними. При запусках ИСЗ, предназначенных для исследования поверхности Земли и, в частности, Мирового океана, весьма серьезное внимание уделяется выбору параметров орбит ИСЗ, поскольку от этого зависит режим обзора тех или иных районов. [10]

При выборе так называемых геосинхронных орбит обеспечивается регулярный пролет над одними и теми же районами Земли. Геосинхронные орбиты первого порядка обеспечивают ежесуточный пролет спутника над интересующими районами, а орбиты более высокого порядка обеспечивают двух, трех и более суточный цикл наблюдений. При создании космической системы, состоящей из нескольких геосинхронных спутников, интервалы наблюдений можно в соответствующее число раз уменьшить и добиться необходимой высокой периодичности получения информации. [10]

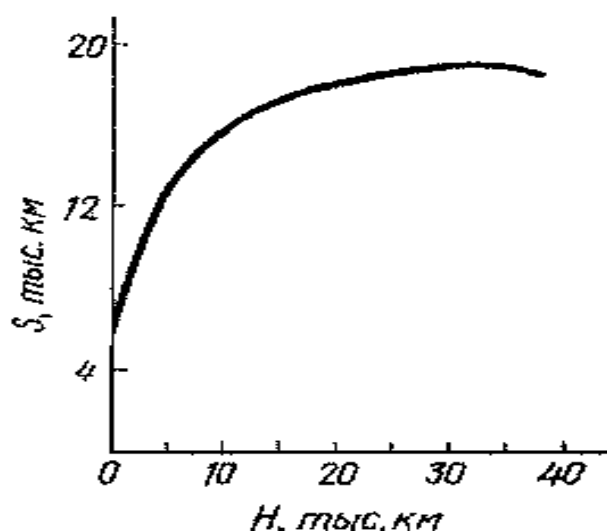


Рисунок.2.2.2 – Зависимость сферического диаметра зоны видимости поверхности Земли от высоты положения наблюдателя

В видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитное излучение Мирового океана представляет собой отраженное поверхностью или рассеянное его водной толщью излучение Солнца. Температура океана не превышает нескольких десятков градусов Цельсия, поэтому в силу действия известных физических законов собственное излучение океана в рассматриваемых диапазонах практически отсутствует. Активные оптические методы достаточного развития пока не получили, поэтому исследования Мирового океана из космоса в этом диапазоне спектра можно проводить только на освещенной стороне Земли (когда, собственно, и

возможно изучение солнечного излучения, отраженного океаном). Прозрачность чистой безоблачной атмосферы здесь довольно высока, и мешающее воздействие атмосферы при исследованиях в надир или вблизи от этого направления невелико. [5]

Различают две разные группы орбит космических аппаратов: геостационарные спутники, которые, находясь на высотах около 40 тысяч километров, как бы «зависают» над определенными районами вблизи экватора и синхронно вращаются вместе с вращением Земли; солнечно-синхронные полярно-орбитальные спутники, которые, находясь на высотах порядка 500-1000 километров, вращаются в направлении с севера на юг или с юга на север, проходя экватор в определенное время таким образом, чтобы каждый последующий виток наблюдений покрывал территорию, примыкающую к территории предшествующего покрытия измерениями. На спутниках обычно используются измерительные системы двух типов: фотографические и многоспектральные сканирующие системы.

В первом случае просто фиксируется наблюдаемая территория в виде системы отдельных кадров;

во втором случае формируется цифровое многоспектральное изображение в виде строк и столбцов соответствующих матриц, относящихся к выбранным спектральным каналам дистанционного зондирования. [5,10]

Инфракрасная радиометрия уже в первых спутниковых системах начала использоваться для определения температуры поверхности океана. Методы инфракрасной радиометрии продемонстрировали возможность прослеживания перемещения океанических вихревых образований, регистрации изменений поля температуры со временем, описания движения водных масс, гидрологических фронтов и наблюдения многих других динамических процессов, протекающих в океане. Были созданы эксплуатационные системы построения карт температуры поверхности океана. [10]

Основными приборами, спроектированными для исследования Мирового океана в тепловом инфракрасном диапазоне, являются сканирующие радиометры, с помощью которых получают информацию о температуре поверхности океана в удобном и наглядном виде. [5]

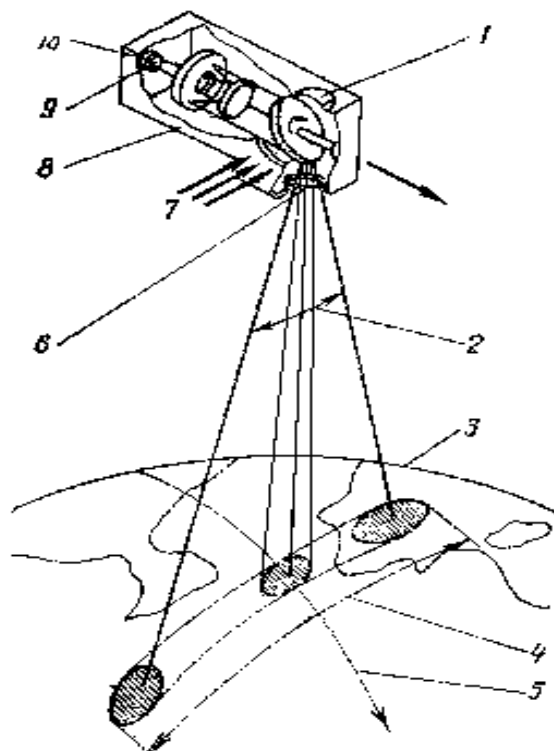


Рисунок.2.2.3 –Принцип работы сканирующего радиометра:

1 – нагреватель; 2 – угол обзора Ω ; 3 – лимб Земли; 4 – ширина полосы захвата; 5 – след орбиты; 6 – диаметр входного зрачка d ; 7 – космическое излучение; 8 – космический аппарат; 9 – фильтр; 10 – приемник

Принятые на Земле сигналы спутниковых инфракрасных радиометров преобразуют в специальных устройствах в интенсивность источников света, с помощью которых на обычной черно- белой фотопленке регистрируется температура океана. Таким образом, космическая радиометрическая информация данного диапазона по внешнему виду соответствует обычной черно-белой космической фотографии, и на ней различными оттенками серого

тона выделены участки Мирового океана, имеющие различную температуру поверхности. [5]

Одним из таких методов является метод гистограмм, впервые использовавшийся при обработке данных радиометров высокого разрешения, установленных на борту ИСЗ серии «Нimbus». В этом методе вся информация радиометров инфракрасного диапазона разбивается на небольшие массивы, соответствующие областям Мирового океана размером $2,5 \times 2,5^\circ$ по широте и долготе. Далее в пределах каждого массива данных строится гистограмма распределения интенсивности сигналов радиометра от каждого элемента изображения. Если при этом в какой-то момент времени в поле зрения 146 радиометра попадает облачность, то последнее приводит к снижению интенсивности выходного сигнала радиометра, поскольку температура облаков значительно ниже температуры океана. [5,10]

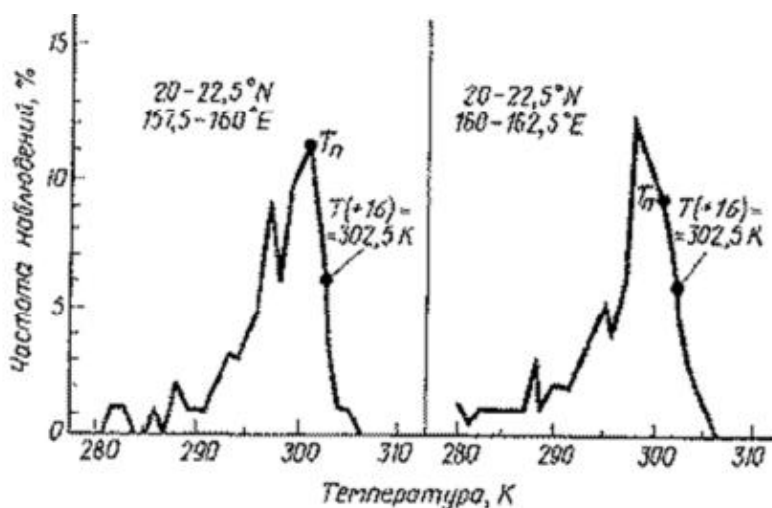


Рисунок.2.2.4 – Гистограммы распределения температуры поверхности двух районов океана по данным ИК аппаратуры ИСЗ «Нimbus-3»

Радиофизические методы (наряду с оптическими и акустическими) исследования земной поверхности и атмосферы относятся к числу дистанционных. Они основаны на изучении структуры электромагнитных полей, взаимодействующих с окружающими средами. Известно, что результат взаимодействия электромагнитных волн со средой проявляется в изменении

амплитуды поля, его отражении и рассеянии, изменении поляризации, появлении фазовых сдвигов, модуляции волн. Любые из этих изменений зависят от электродинамических и геометрических свойств тел, и поэтому их анализ, в принципе, позволяет по характеристикам радиоволн судить о диэлектрической проницаемости и поглощающей способности веществ, форме изучаемых тел, скорости их движения и других параметрах. [10]

В свою очередь, такие физические характеристики вещества, как диэлектрическая проницаемость и коэффициент поглощения, зависят от состава вещества, его плотности, температуры. Это позволяет по свойствам электромагнитных волн, взаимодействующих с веществом, судить о его характере и температуре. [5]

Для интерпретации данных об уходящем излучении системы «океан – атмосфера» широко используется также микроволновый диапазон. Участок спектра электромагнитных волн от 1 мм до 1 м, называемый СВЧ-диапазоном (сверхвысокие частоты) или микроволновым диапазоном, обладает весьма высокой информативностью при дистанционном зондировании океана из космоса. В этом диапазоне применяются как активные, так и пассивные методы зондирования. Пассивные методы основаны на регистрации интенсивностей собственного теплового (радиотеплового) излучения системы «океан – атмосфера» для различных длин волн при разных поляризациях и направлениях наблюдения относительно надира. Можно выделить два основных преимущества радиодиапазона. [5,7]

Первое – радиоволны почти не поглощаются и не рассеиваются облаками. Поэтому радиометоды в отличие, например, от инфракрасных всепогодны. Это имеет особое значение в случае глобального обзора Земли со спутников, так как по крайней мере половина земного шара всегда покрыта облаками. [5]

Второе преимущество радиометодов связано с большей, по сравнению с оптическими волнами, проникающей способностью радиоволн.

Радиофизические методы исследования Мирового океана из космоса, включая и исследования атмосферы над океаном, проводятся в микроволновом или, иначе говоря, в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне спектра на радиоволнах с длиной от нескольких миллиметров до нескольких дециметров. Формирование собственного теплового излучения океана или отраженного его поверхностью определяется в радиодиапазоне обширным комплексом гидрофизических параметров, что позволяет в ряде случаев получать информацию, которую трудно или просто невозможно добыть при зондировании океана в оптическом диапазоне спектра. [5,10]

Излучение в микроволновом диапазоне принято характеризовать радиояркостной температурой, равной температуре черного тела, излучение которого имеет наблюдаемую яркость. [7]

Излучение в микроволновом диапазоне принято характеризовать радиояркостной температурой, равной температуре черного тела, излучение которого имеет наблюдаемую яркость. При умеренной облачности и отсутствии осадков для длин волн более 5 см атмосфера оказывает пренебрежимо малое влияние на радиотепловое излучение земных 148 покровов. В области вблизи длины волны 1.35 см (частота 22.2 ГГц) расположена резонансная линия поглощения излучения водяным паром, а вблизи длин волн 0.5 см и 0.25 см – линии поглощения излучения кислородом. Соответственно, влияние атмосферы для длин волн менее 2 см становится заметным, особенно для условий облачной атмосферы. В первых спутниковых системах использовались радиометры на длинах волн 0.8 и 1.35 см. Второй из этих каналов использовался для уточнения влияния водяного пара. Основными же длинами волн, несущими информацию о температуре поверхности океана и скорости приводного ветра, до освоения дециметрового диапазона оставались длины волн 3-10 см. Для длин волн более 10 см в радиоизлучении водных поверхностей начинает проявляться зависимость от солености воды. При значительных перепадах солености (например, между пресными и

океаническими водами) эта зависимость должна учитываться и на более коротких волнах. Однако в открытом океане вариации солености невелики и не оказывают заметного влияния на радиояркостную температуру в рассматриваемом участке микроволновой области спектра. [10]

Вывод

Во время изучения неконтактных методов измерения температуры и солености воды, были выявлены:

– авиационный метод измерений, который обуславливается работой лидаров, которые позволяют проводить измерения на акваториях, где исследования с судов затруднены. С помощью лидарных установок появляется уникальная возможность проведения измерений через границу раздела «воздух-вода».

– спутниковый метод измерений, который имеет большую обзорность и информативность для изучения океана. Также обозначен работой приборов, установленных на спутниках. С помощью них регистрируют активный (отраженный) или пассивный (собственное излучение) сигнал в различных областях электромагнитного спектра, который необходимо преобразовать в интересующую океанологов физическую величину.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНТАКТНОГО И НЕКОНТАКТНОГО МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (T) И СОЛЕННОСТИ (S) ВОДЫ В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ.

В работе производится сравнительный анализ контактного и неконтактного методов измерений профилей температуры и солёности воды измерения только контактным методом солёности воды в Кольском заливе (рис. 3.1) в зимний период вблизи ММТП Мурманск 5 ноября 2015 года.

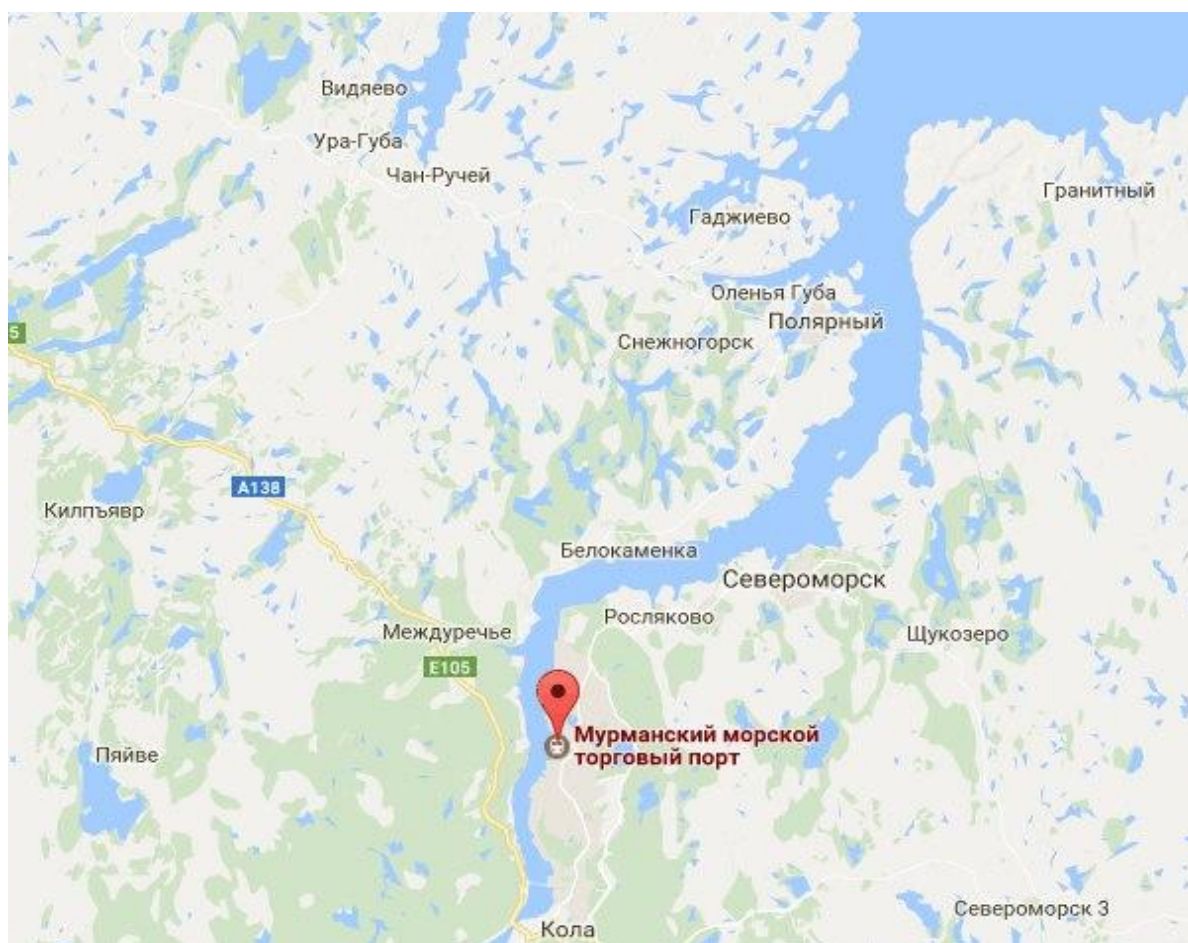


Рисунок.3.1 – Карта с расположением исследуемой области. ММТП Мурманск

3.1. Измерения температуры и солености воды контактным методом в Кольском заливе

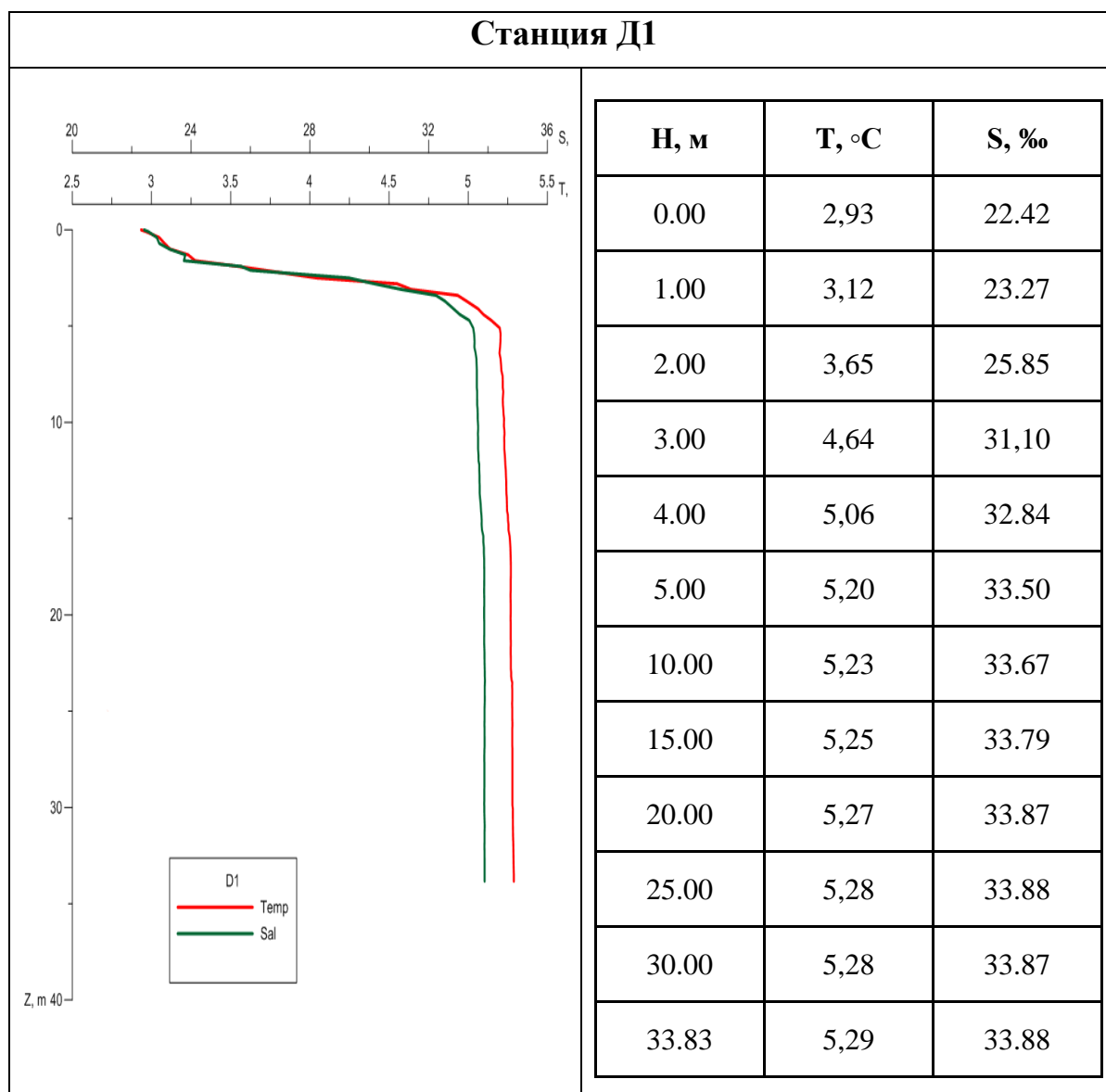
Измерения контактным методом производились на 8 станциях (рис. 3.1.1) в Кольском заливе. Вертикальная структура в поверхностном 5-ти метров слое сильно стратифицирована, что обусловлено значительным речным стоком рек Кола и Тулома, а также других мелких рек. На проведение работ в значительной степени повлияли погодные условия, в частности, периодически действовавшее штормовое предупреждение. Поэтому в силу удаленности двух районов друг от друга и большими глубинами на втором участке работы растянулись на несколько дней.

Температура и соленость воды измерялись зондом HYDROBIOS (производство Германии). Он пускался под воду с помощью ручной кабельной лебедки. Данные измерений по кабелю передавались в непрерывном режиме на бортовое устройство, откуда и считывались на компьютер. Данные по вертикальным распределениям температуры и солености дополнительной статистической обработке не подвергались.



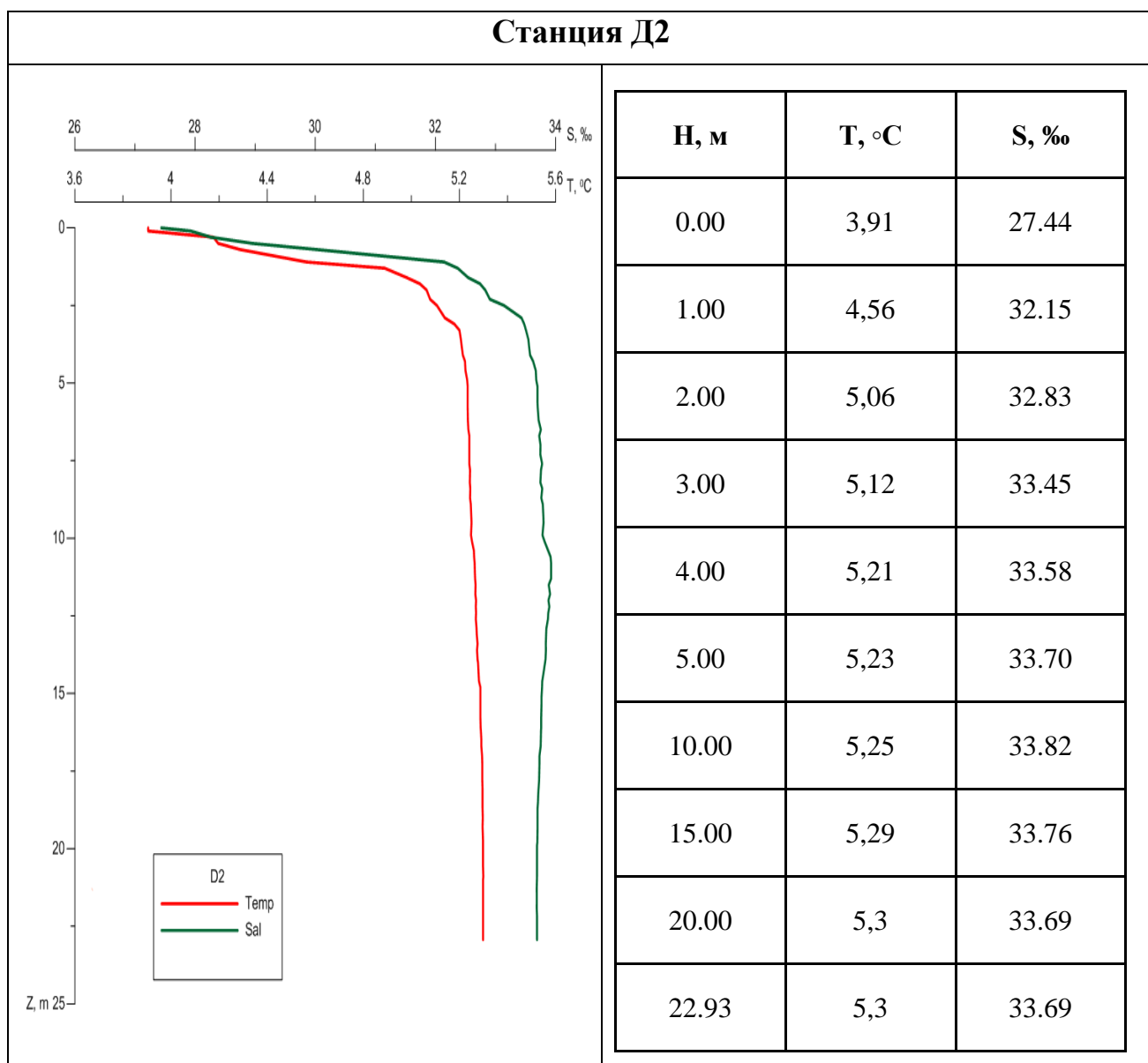
Рисунок.3.1. Расположение станций при сборе данных контактным методом

Таблица 3.1.1 – Вертикальные профили температуры и солёности воды на станции Д1



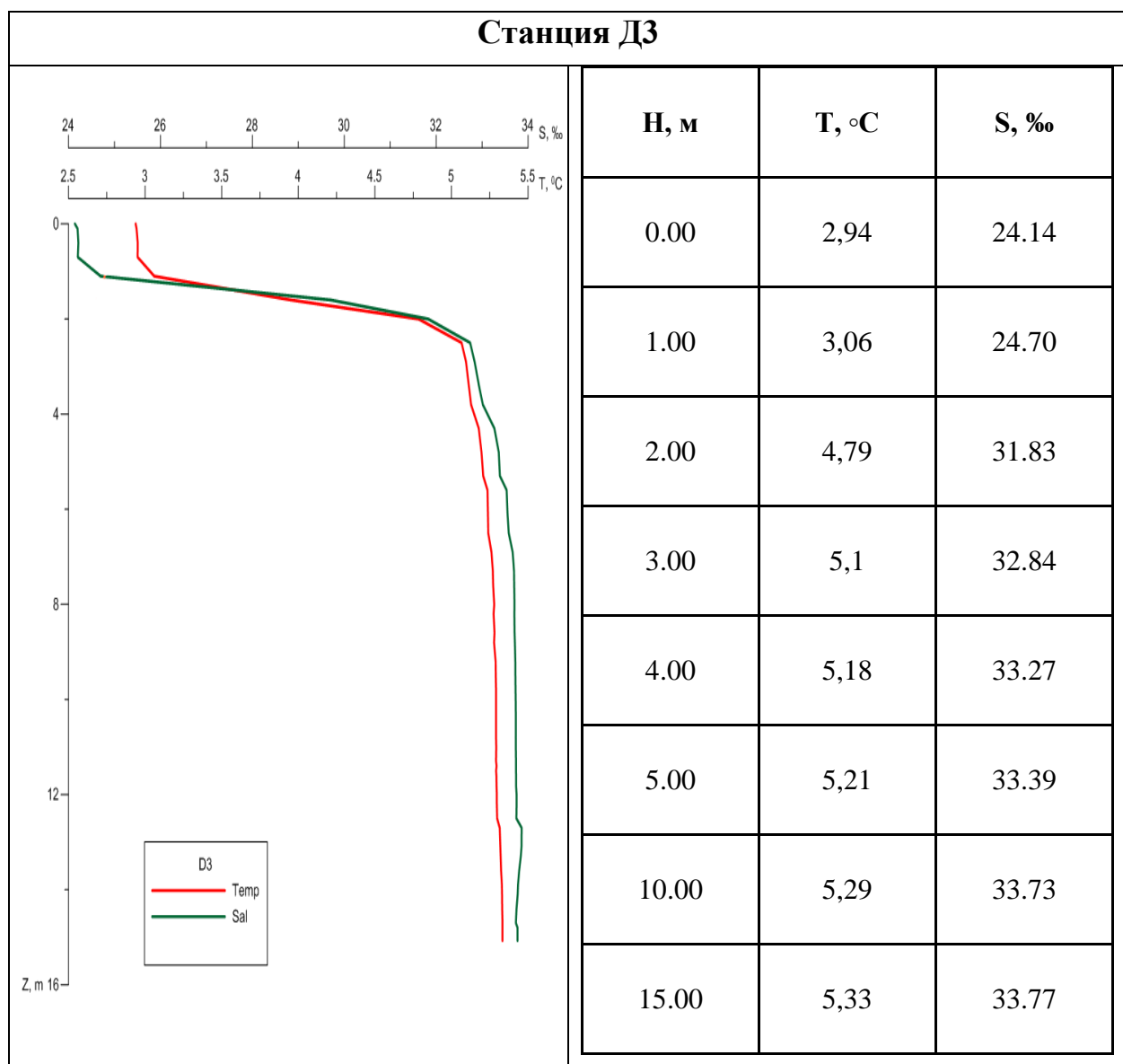
В данной таблице 3.1.1 представлены значения солёности и температуры воды со станции Д1. На графике видно, что значения температуры и солёности воды увеличиваются с глубиной. На станции Д1 измерения (Т) и (S) проводились до глубины 33,83 м включительно.

Таблица 3.1.2 – Вертикальные профили температуры и солёности воды на станции Д2



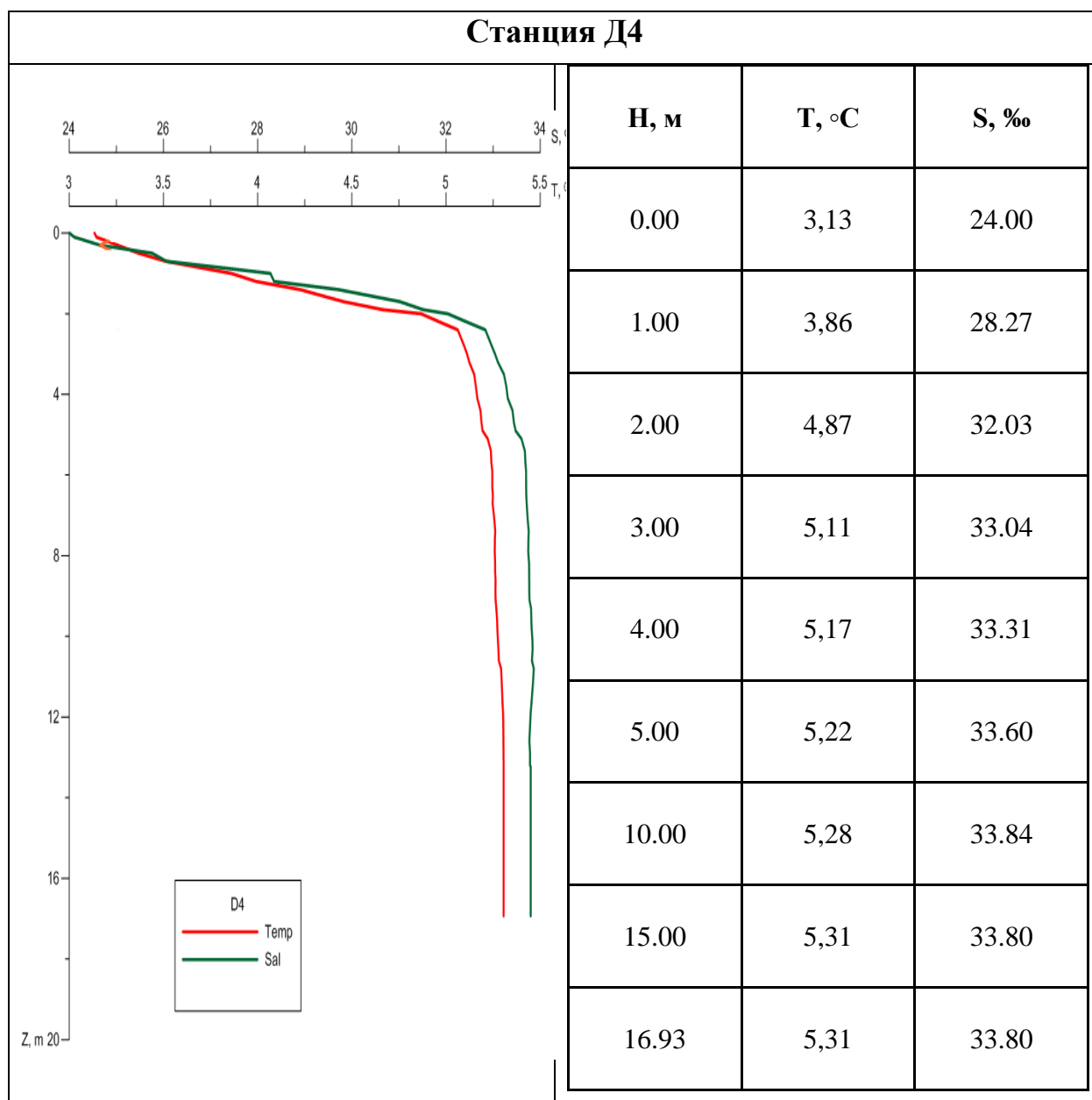
В таблице 3.1.2 показаны значения солёности и температуры воды со станции Д2. На графике видно, что значения температуры и солёности воды увеличиваются с глубиной. На данной станции измерения проводились до глубины 22,93 м включительно. Значения солёности воды стали уменьшаться с глубины 10,00 м до 22,93 м.

Таблица 3.1.3 – Вертикальные профили температуры и солености воды на станции ДЗ



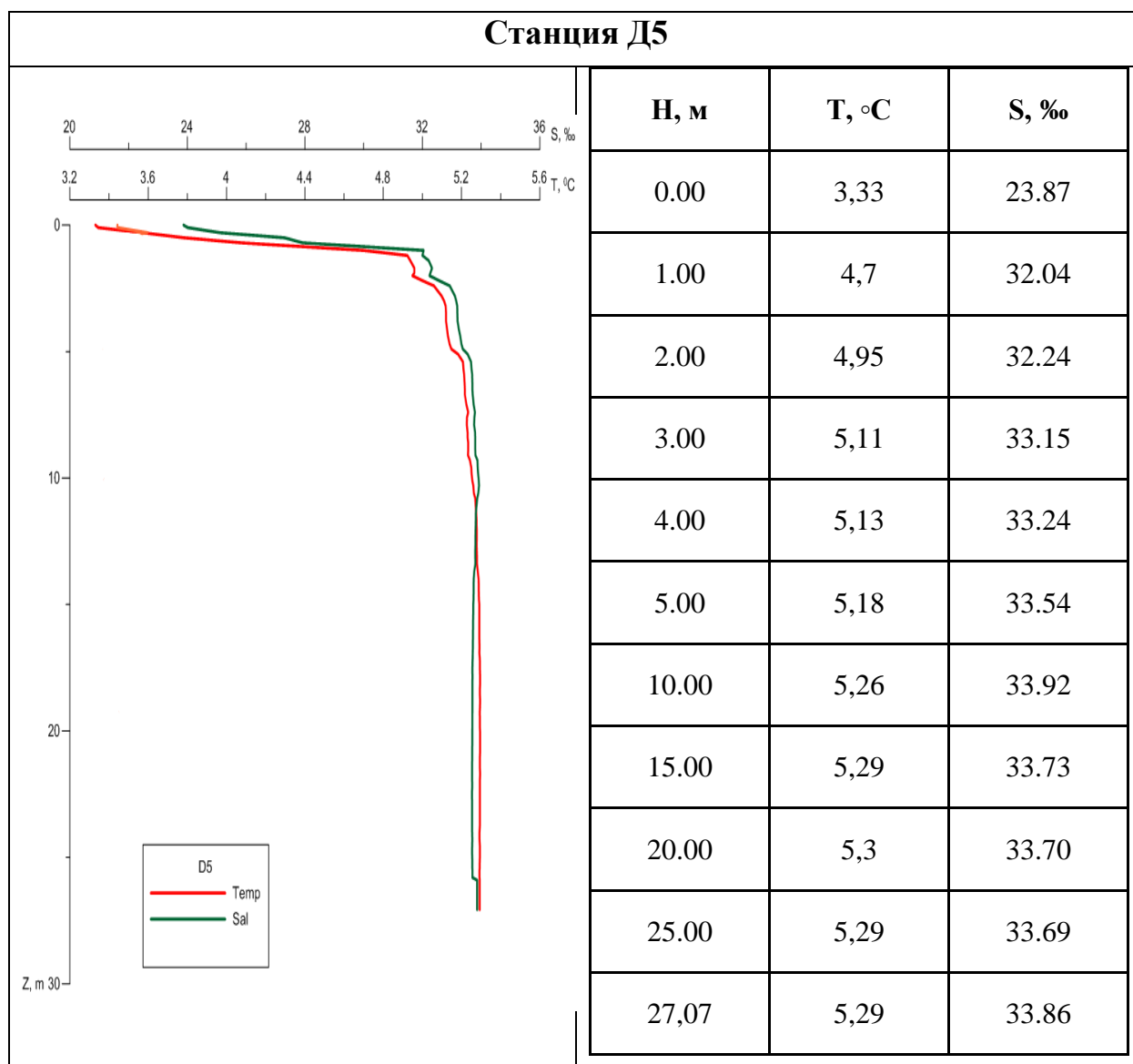
В таблице 3.1.3 показаны значения солености и температуры воды со станции ДЗ. На графике показаны значения температуры и солености воды, которые увеличиваются с глубиной. На данной станции измерения проводились до стандартной глубины 15,00 м включительно.

Таблица 3.1.4 – Вертикальные профили температуры и солености воды на станции Д4



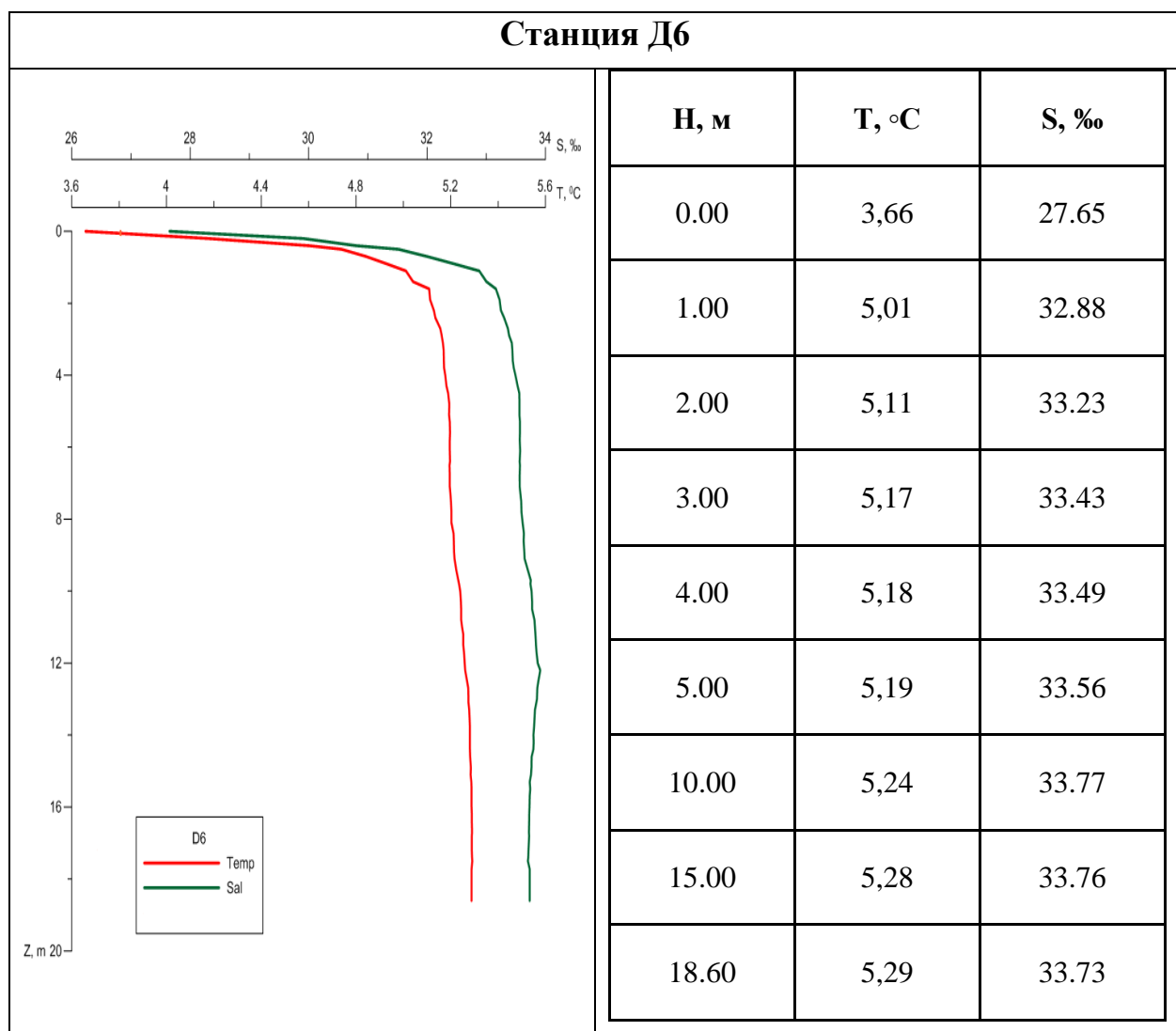
В таблице 3.1.4 показаны значения солености и температуры воды со станции Д4. Температура с глубиной увеличивалась, однако на глубине 15,00 и 16,93 м показала одинаковые значения 5,31°С. Значения солености воды также увеличивались с глубиной до 10,00 м и составили 33,84 ‰, затем уменьшились до 33,80 ‰ и остались неизменными до глубины 16,93 м включительно.

Таблица 3.1.5 – Вертикальные профили температуры и солености воды на станции Д5



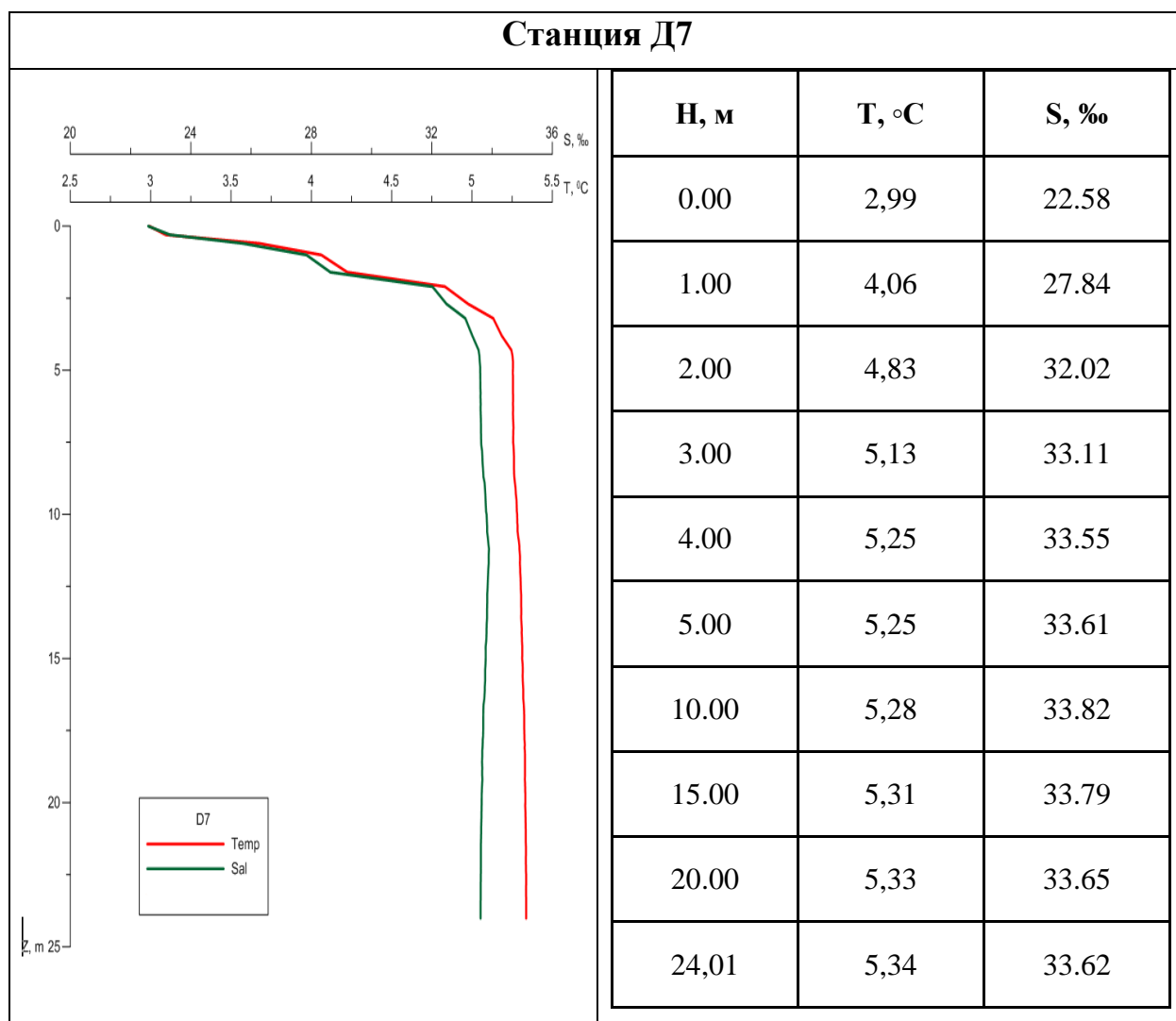
В таблице 3.1.5 показаны значения солености и температуры воды со станции Д5. На графике показаны значения температуры и солености воды, которые увеличиваются с глубиной. На станции Д5 измерения проводились до глубины 27,07 м включительно.

Таблица 3.1.6 – Вертикальные профили температуры и солености воды на станции Д6



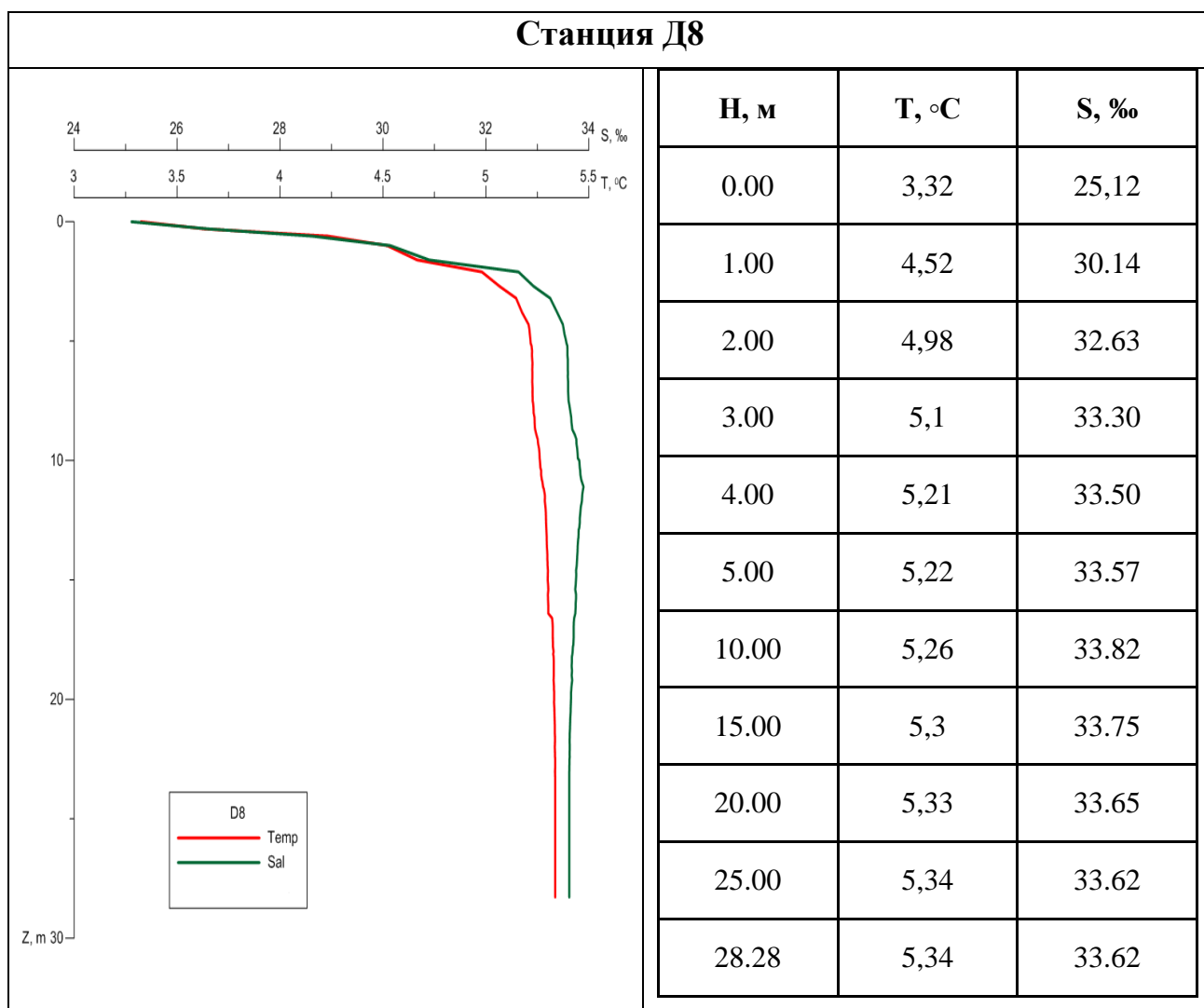
В данной таблице 3.1.6 представлены значения солености и температуры воды со станции Д1. На графике видно, что значения температуры и солености воды увеличиваются с глубиной. На станции Д6 измерения (Т) и (S) проводились до глубины 18,60 м включительно.

Таблица 3.1.7 – Вертикальные профили температуры и солености воды на станции Д7



В таблице 3.1.7 показаны значения солености и температуры воды со станции Д7. Измерения на данной станции проводились до глубины 24,01 м включительно. Значения температуры с глубиной увеличивались, однако значения солености воды после 15,00 м стали уменьшаться.

Таблица 3.1.8 – Вертикальные профили температуры и солености воды на станции Д8



В таблице 3.1.8 показаны значения солености и температуры воды со станции Д8. Измерения на данной станции проводились до глубины 28,28 м включительно. Значения температуры с глубиной увеличивались, однако значения солености воды после 15,00 м стали уменьшаться и на глубинах 25,00 и 28,28 м составили одинаковое значение 33,62 ‰.

3.2. Измерения температуры воды неконтактным методом в Кольском заливе

Данные о температуры воды были получены с помощью неконтактного метода со спутников AQUAMODIS (рис. 3.2.1) и Landsat8 (рис. 3.2.2).

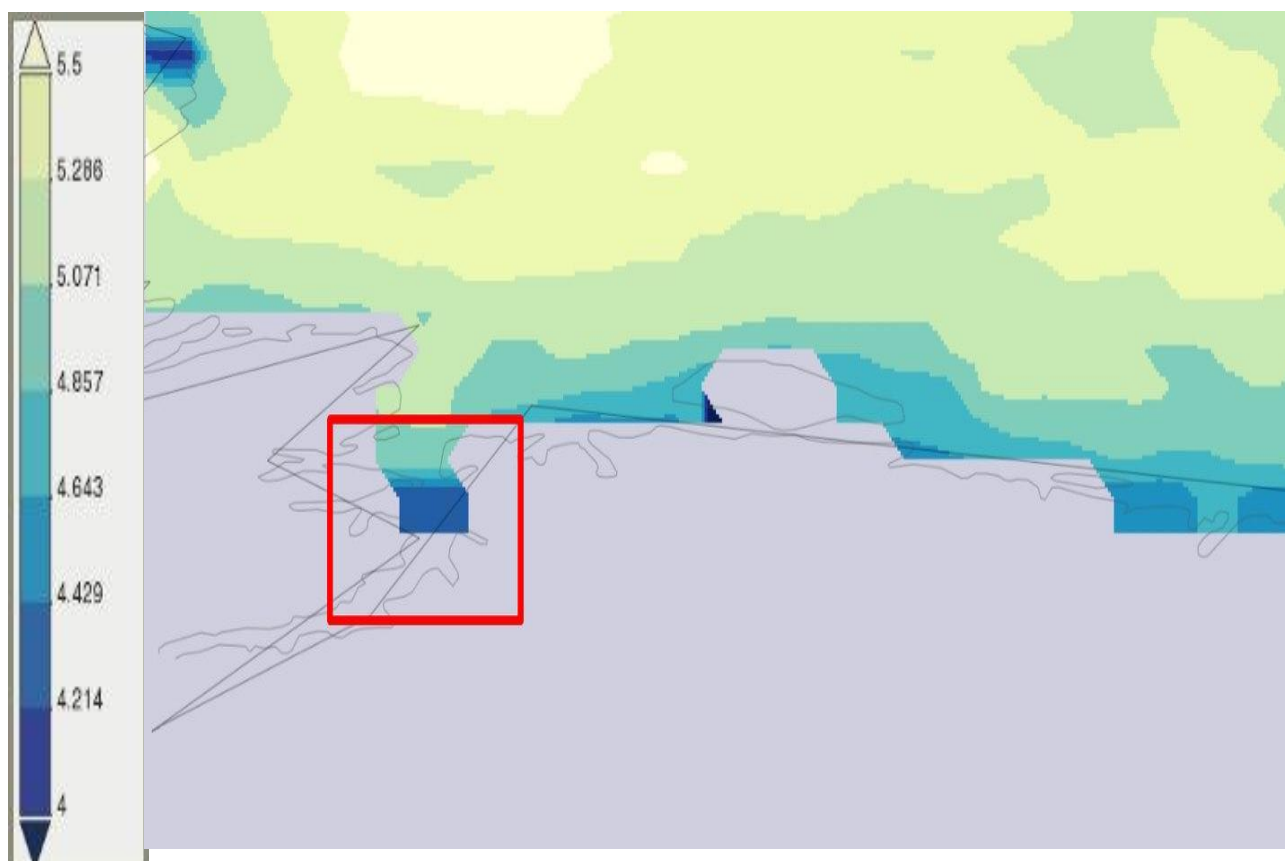


Рисунок.3.2.1 – Снимок со спутника AQUAMODIS

На данном снимке показаны значения температуры, полученные со спутника AQUAMODIS с помощью платформы Giovanni. Слева расположена шкала с градациями, определенными цветом от 4 до 5,5 °C, что является недостаточной информацией о температуре воды.

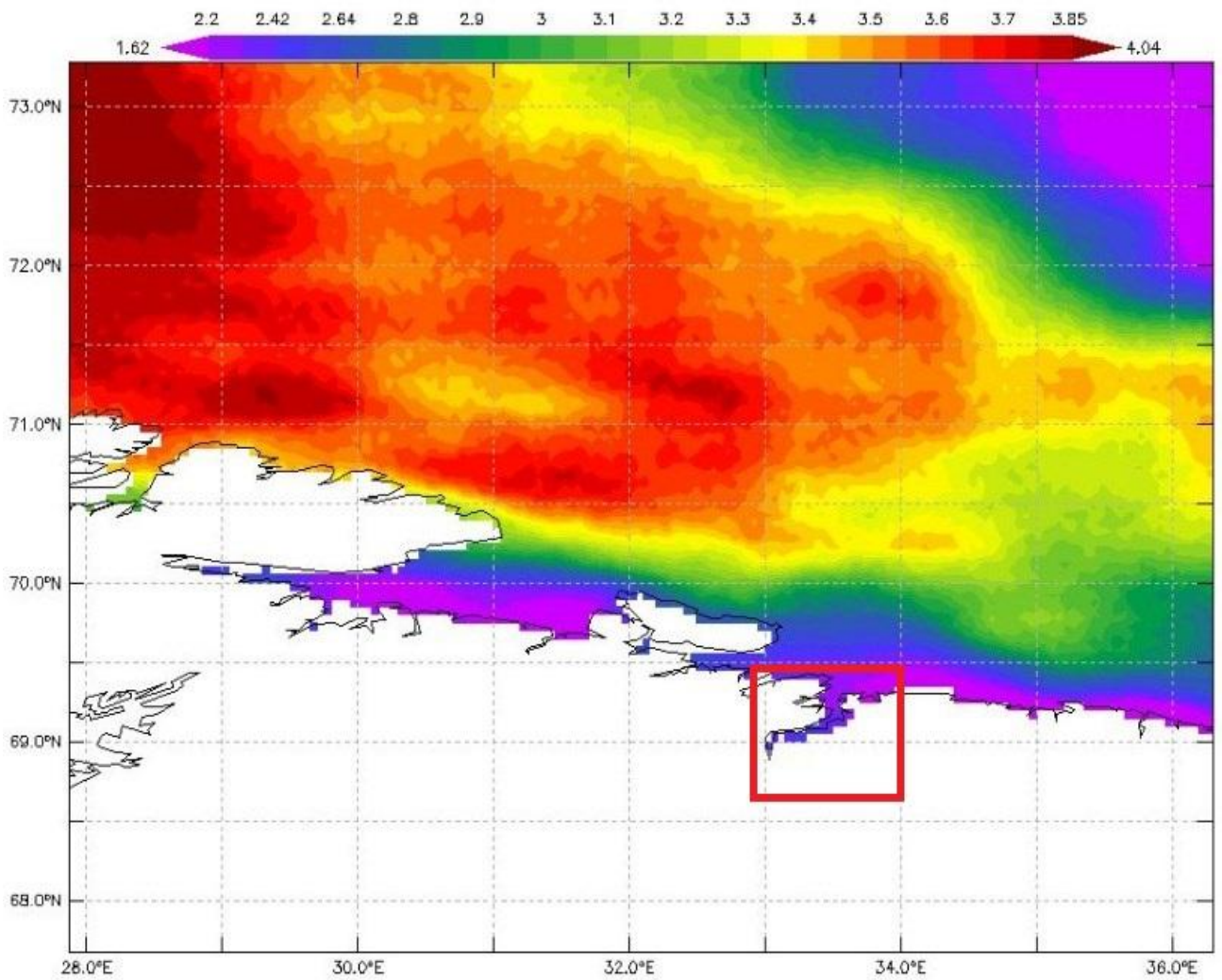


Рисунок.3.2.2 – Снимок со спутника Landsat8

На данном снимке показано распределение температуры, значения которых получены со спутника Landsat8 с помощью платформы Asia Pacific data research centre. Сверху расположена шкала градаций температуры в цвете от 2,2 до 3,85 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы контактных и неконтактных измерений являются безусловно важными методами при изучении Мирового океана. Для их сравнения мной были выбраны такие характеристики, как температура (Т) и соленость (S) воды.

С помощью измерений контактным методом (зондом HYDROBIOS) были получены данные о изменении температуры и солености воды на глубинах стандартных горизонтов.

Были описаны спутниковые снимки (измерения неконтактным методом) акватории ММТП Мурманск только температуры, т.к., снимки изменений солености имеют большую погрешность.

В ходе сравнения были сделаны следующие выводы.

1. При измерениях контактным методом возможно проводить измерения температуры и солености воды на глубинах стандартных горизонтов и не только. Измерения этим методом являются наиболее точными и информативными, что делает их подходящими для выполнения многих задач. Так же стоит отметить такую функцию многих CTD – зондов, как перевод аппарата в режим буйковой постановки, что делаем возможным проводить измерения без постоянного наблюдения оператором.
2. Измерения неконтактным методом обхватывают большие территории, но эти снимки являются поверхностными, так как глубина проникающего излучения не более 5 метров, это говорит о том, что они подходят только для выполнения навигационных задач, изучения процессов, проходящих в мелком море.

На основе изложенных выводов можно отметить, что неконтактный метод измерений хорош тем, что приборы авиационного и спутникового зондирования охватывают большие территории для измерений мелкого моря, а измерения, полученные контактным методом, являются наиболее

информативными, так как могут производиться, как на стандартных горизонтах, так и на больших глубинах с наименьшей погрешностью. Эти два метода должны быть связаны друг с другом, так как для того чтобы правильно идентифицировать данные спутниковых снимков, нужно иметь фактические данные контактных измерений. Это говорит о том, что эти два метода безусловно важны для изучения Мирового океана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.П.Коровин, В.М.Тимец. Методы и средства гидрометеорологических измерений: Учебное пособие – СПб., изд. Гидрометеоздат, 2000. – с. 310.
2. В. П. Коровин, Е. И. Четверкин. Морская гидрометрия: Учебное пособие – СПб., изд. Гидрометеоздат, 1988. – с. 264.
3. Коровин В.П. История океанографических исследований. – СПб.: Гидрометеоздат, 1999. - 156 с.
4. Коровин В.П. Океанологические наблюдения в прибрежной зоне моря. Учебное пособие. - СПб., изд. РГГМУ, 2007. – 434 с.
5. Показеев К.В., Чаплина Т.О., Чашечкин Ю.Д. Оптика океана: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 216с., ил.
6. Костяной А.Г., Терзиев Ф.С., Гинзбург А.И., Заклинский Г.В., Филиппов Ю.Г., Лебедев С.А., Незлин Н.П., Шеремет Н.А. Южные моря. Росгидромет. 2008. С. 149-167.
7. Царев В. А., Коровин В. П. Неконтактные методы измерения в океанологии / Учебное пособие – СПб., изд. РГГМУ, 2005. – с. 184.
8. В. Л. Галахов. Дистанционные методы зондирования океана. Учебное пособие – Ленинград., ЛГМИ, 1980. – с.154.
9. CCOMJHC[электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ccom.unh.edu/theme/lidar>, свободный. – загл. с экрана. – яз. Англ.
10. Большаков Л. Л. Космические методы в океанологии. – М.: Знание, 1982. – 64 с.
11. GIOVANNI[электронный ресурс]. Режим доступа: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>, свободный. – загл. с экрана. – яз. Англ.
12. APDRC[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://apdrc.soest.hawaii.edu>, свободный. – загл. с экрана. – яз. Англ.

13. Забурдаев В.И., Гайский П.В., Логвинчук А.Н. Методические и алгоритмически- метрологические аспекты разработки и эксплуатации гидростатических STD-измерителей уровня моря // Морской гидрофизический журнал. 2006. № 1. С. 62–76.
14. Краснодубец Л.А., Забурдаев В.И., Альчаков В.В. Управление морскими буюми профилемерами как метод повышения репрезентативности термохалинных измерений. Модели движения // Морской гидрофизический журнал. 2012. № 4. С. 69–79.
15. Гайский В.А., Греков Н.А., Гайский П.В., Забурдаев В.И., Клименко А.В. Разработка гидрохимического зонда для автономного измерения характеристик воды (температура, рН, кислород, сульфиды, тяжелые металлы, электропроводность, другое) // Отчет по ОКР, Госрегистр. №0101V003552, 2001 – 2004 гг.
16. Ковчин И. С., Степанюк И. А. Методы специальных океанологических измерений. - СПб.: РГГМУ, 2002. - 270 с.
17. Зори А. А. Автоматизация контактных методов зондирования океана. - Владивосток, 1991. - 256 с.
18. М.Н. Поспелов, Ю.А. Горячкин, Н.Ю. Комарова, А.В. Кузьмин, И.А. Репина, Б.Д. Ситнянский, М.Т. Смирнов. Комплексный радиофизический эксперимент по дистанционному зондированию морской поверхности CAPMOS'05. – Севастополь, 2007. – 348 с.