

ГЛАВА III. ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ РАБОТЫ.

I. Задачи и программа работ.

Основной задачей гидрохимического отряда являлось изучение гидрохимического режима вод в районе Фареро-Шетландского пролива, на многосуточных станциях в системе Северо-Атлантического течения к западу от Британских островов и на меридиональном разрезе по 30° з.д. от 35° с.ш. до 10° ю.ш.

Программа гидрохимических исследований предусматривала следующие виды работ:

1. - Отбор проб воды со стандартных горизонтов на дрейфовых гидрологических станциях на разрезе 2 в Фареро-Шетландском проливе и определение O_2 , pH, Alk, Si_{SiO_3} , P_{PO_4} , N_{NO_2} через станцию и Cl на каждой гидрологической станции.
2. - Отбор проб воды со стандартных горизонтов и определение Cl, O_2 , pH, Alk, Si_{SiO_3} , P_{PO_4} , N_{NO_2} на 28 дрейфовых гидрологических станциях на меридиональном разрезе по 30° з.д. от 35° с.ш. до 10° ю.ш.
3. - Отбор проб воды со стандартных горизонтов через каждые 3 часа на подвесных гидрологических станциях до глубины 1500 метров в районе постановки 2-х буйковых станций в системе Северо-Атлантического течения и определение следующих элементов:
 Cl , O_2 , pH, Alk, Si_{SiO_3} , P_{PO_4} , N_{NO_2}
Частота отбора проб на буйковых станциях для Cl и O_2 - 3 часа,
 pH , Si_{SiO_3} , P_{PO_4} - 6 часов, Alk, N_{NO_2} - 12 часов.
4. - При наличии свободного времени проведение испытаний электросолемера ССМ-65 в соответствии с программой от 16 июня 1968г.

2. Объем выполненных работ

За период рейса с 1 июля по 28 сентября были выполнены следующие работы:

I этап. С 9 по 15 июля отбирались пробы на химический анализ на Фареро-Шетландском разрезе 2 на 15-ти гидрологических

станциях (с №3 до № 17). Разрез 2 выполнялся 5 раз, что в сумме составило 71 станцию. Солёность определялась на стандартных горизонтах, предусмотренных программой, (табл. 4), на всех гидрологических станциях.

Полный химический анализ проводился через станцию на 1,3 и 5 галсах и по более разряженной сетке (на ст.3,5,9,13,17) на 2 и 4 галсах. Сетка станций была разряжена в связи с перегрузкой сотрудников и невозможностью выполнения всех анализов в необходимые сроки. Разряжение сетки станций позволило сделать контрольные определения в самых репрезентативных точках разреза.

2 этап. С 30 июля по 11 августа выполнялся меридианальный разрез по 30° з.д. от 35° с.ш. до 10° ю.ш. Всего выполнено 28 гидрологических станций, пробы отбирались со стандартных горизонтов, предусмотренных программой (табл. 5), с определением Cl , O_2 , pH , Alk , $SiSiO_3$, PO_4^{3-} , NNO_2 .

3 этап. С 8 сентября по 23 сентября в районе постановки 2-х буйковых станций в системе Северо-Атлантического течения через каждые 3 часа проводились дрейфовые подвесные станции до глубины 1500м, на которых отбирались пробы для определений, предусмотренных программой.

Вследствие загруженности отряда, через сутки частота отбора проб на содержание кислорода была сокращена с 8 до 4-х раз в сутки, а кремния - с 4-х до 2-х раз в сутки.

Ниже приводится общее количество выполненных за рейс гидрологических станций и определений.

Таблица 4

Наименование разреза или буйковой станции	Кол-во станций	Количество определений						
		<i>Cl</i>	<i>O₂</i>	<i>pH</i>	<i>Alk</i>	<i>SiSiO₃'</i>	<i>P_{PO₄'}</i>	<i>N_{NO₂'}</i>
I	2	3	4	5	6	7	8	9
Разрез 2/1	15	188	75	75	53	57	50	58
Разрез 2/2	14	100	33	33	26	26	25	26
Разрез 2/3	14	261	73	74	57	58	43	49
Разрез 2/4	14	184	35	35	28	28	22	28
Разрез 2/5	14	186	71	69	55	53	53	56
Меридианаль- ный разрез по 30° з.д.	28	680	526	518	464	460	462	334
Буйковая №4	54	930	393	320	116	146	259	125
Буйковая №5	55	988	366	336	129	140	278	140
Всего:	208	3517	1572	1460	928	968	1192	816

Таблица 5

Горизонты и определения выполняемые на дрейфовых и буйковых станциях.

Горизонт определений	Cl	O_2	pH	Alk	Si_3O_3''	P_{PO_4}''	N_{NO_2}'
0	+	+	+	+	+	+	+
10	+	+	+	+	+	+	+
20	+	+	+	+	+	+	+
30	+	-	-	-	-	-	-
50	+	+	+	-	-	-	-
75	+	-	-	-	-	-	-
100	+	+	+	+	+	+	+
150	+	+	+	-	-	-	-
200	+	+	+	+	+	+	+
250	+	-	-	-	-	-	-
300	+	+	+	+	+	+	+
400	+	-	-	-	-	-	-
500	+	+	+	+	+	+	+
600	+	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)
800	+	+	+	+	+	+	+
1000	+	+	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)
1200	+	+	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)
1500	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+
2000	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	-
2500	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	-
3000	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	-
4000	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	-
5000 придонный	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	+) x)	-

частота отбора проб на буйковых станциях в часах

3 3 6 12 6 6 12

Индекс x) означает, что на буйковых станциях на этих горизонтах пробы не отбирались.

3. Состав отряда, оборудование и приборы

В 3-м рейсе гидрохимический отряд состоял из четырех человек:

Врио начальника	Веселкина З.М.
Ст. инженер	Мизникова М.Н.
Ст.техник	Степанова В.Н.
Техник	Цуканова Н.И.

На I и 2 этапах в отряде работал также техник Коледов В.Н. и на 3 этапе – техник Сиденко Н.И.

Технический состав отряда делился на 3 вахты по I человеку в каждой, что обеспечивало круглосуточную работу. В обязанности каждой вахты входило:

- отбор проб для всех определений, фиксация, определение кислорода;
- определение активной реакции pH;
- расчет этих элементов;
- проверка материалов наблюдений предыдущей вахты.

Фосфор и кремний определялись Веселкиной З.М; нитриты и солёность – Мизниковой М.Н; щелочность и солёность – Цукановой Н.И.

Гидрохимическая лаборатория расположена на главной палубе в носовой части ни/с "Профессор Визе" и имеет выход на палубу.

Лаборатория оборудована следующими приборами, которые были использованы в настоящем рейсе.

1. Два фотоэлектроколориметра ФЭК-56 для определения биогенных элементов (P_{PO_4} , Si_{SiO_3} , N_{NO_2}).

2. Морская шкала с реактивами для колориметрического определения активной реакции pH, дата изготовления 26 февраля 1968 года.

3. Бюретки Блинова для большой солёности, Мора на 25 мл с автоматическим нулём и бюретка ААНИИ с автоматическим нулём на 15мл для определения соответственно солёности, растворенного кислорода и щелочности. Все бюретки укреплены в штативах на лаборатор-

ном столе, имеющим люминесцентное освещение, и соединены с бутылками, содержащими рабочие растворы азотнокислого серебра ($0,02 N$), серноватистокислого натрия ($0,02 N$) и соляной кислоты ($0,02 N$). Рабочие растворы азотнокислого серебра и серноватистокислого натрия хранятся в темных бутылках, раствор соляной кислоты — в парафинированной склянке.

4. Лабораторный прибор для измерения электропроводности — электросолемер (СОЛ-65). Из-за отсутствия свободного времени в настоящем рейсе испытания электросолемера не проводились.

4. Методика работ и обработка материалов наблюдений.

Гидрохимические наблюдения солёности, рН, растворенного кислорода, щелочности, биогенных элементов проводились по методикам, опубликованным в "Руководстве по морским гидрохимическим исследованиям" под редакцией Л.К.Блинова (вып. 1957г), методических указаний №30 ГОИНА (Гидрометиздат, 1966г), временной инструкции для работы на ФЭК — 56 (ААНИИ).

Бюретки для определения солёности, кислорода, щелочности, кислородные склянки, пипетки, мерные колбы калибровались в период подготовки к рейсу. Тогда же были приготовлены точные растворы ($NaNO_2$, KH_2PO_4 , $K_2Cr_2O_7$, $Na_2B_4O_7$), необходимые для выполнения указанных определений. Точный раствор силиката натрия был приготовлен в ААНИИ. Точные растворы $K_2Cr_2O_7$ и $Na_2B_4O_7$ готовились с разными коэффициентами и каждый раз титры вновь приготовленных рабочих растворов (или в случае изменения "К" рабочего раствора) определялись по двум точным растворам.

Сведения о приготовлении точных и рабочих растворов, калибровка мерной посуды помещены в соответствующих журналах и полевых книжках по каждому определению.

Пробы воды на химический анализ отбирались на станциях батометрами БМ-48. Отбор проб воды производился сразу же после подъёма батометров. На первых станциях ввиду того, что некоторые батометры были неисправны, нехватало воды для всех определений, о чём имеются записи в книжках. В дальнейшем такие батометры были заменены.

Порядок отбора проб был следующим:

1. Заполнение кислородных склянок с притёртыми пробками и фиксация кислорода;
2. Заполнение склянок с резиновыми пробками для определения рН и солёности;
3. Заполнение полиэтиленовых склянок для определения кремния;
4. Заполнение склянок оранжевого стекла для определения щёлочности, фосфатов и нитритов.

Сразу же после окончания отбора проб производилось колориметрическое определение рН в помещении лаборатории при естественном освещении или люминесцентном в темное время суток.

После отстаивания осадка содержание растворенного кислорода определялось.

Определение последнего производилось иодометрическим методом.

После принятия пробами температуры воздуха в лаборатории производилось определение щёлочности. Щёлочность титровалась соляной кислотой в присутствии смешанного индикатора при продувании воздухом, лишенным CO_2 , через пробу. Воздух очищался от CO_2 , проходя через трубку с натронной известью. Продувание осуществлялось с помощью двух микрокомпрессоров МК-1, соединённых последовательно.

Поступление воздуха в пробу регулировалось зажимом.

Определение биогенных элементов ($\text{P}_{\text{PO}_4}'''$, $\text{Si}_{\text{SiO}_3}''$, N_{NO_2}') производилось колориметрическим методом на фотоколориметре.

Кремний определялся с ртутно-кварцевой лампой и светофильтром №2, при концентрации кремния меньше 1000 Si мкг/л в кювете 50мм, а при концентрации больше 1000 мкг Si /л- в кювете 10мм. Для построения калибровочной кривой применялись стандартные растворы силиката натрия на "бескремнёвой" морской воде, которая получалась путём фильтрования поверхностной морской воды через фильтр, очищенный от кремнекислоты, и прокаленную окись алюминия. Рабочие растворы обычного молибденовокислого аммония готовились на бескремнёвой дистиллированной воде.

Фосфаты и нитриты определялись с лампой накаливания, со светофильтром соответственно № 7 и № 5.

Бесфосфатная морская вода для построения калибровочной кривой для фосфатов получалась аналогично "бескремнёвой".

Стандартные растворы нитритов для построения калибровочной кривой строились на "безнитритной" поверхностной воде, предварительно профильтрованной через бумажный фильтр, промытый горячей дистиллированной водой. Проверка "безнитритной" морской воды осуществлялась путём прибавления к воде реактива Грисса (качественная проверка) и сравнения испытуемой воды с таким же количеством исследуемой воды. "Безнитритная" морская вода не содержала нитритов.

Ежедневно перед колориметрированием серии проб при определении нитритов и фосфатов определялась загрязнённость реактивов.

Стандартные растворы по каждому биогенному элементу готовились в одной мерной колбе на 100 мл, необходимые количества рабочего раствора отмеривались из микробюретки.

При построении калибровочных кривых и определении биогенных элементов стандартные растворы и пробы воды разливались в цилиндры Несслера откалиброванные на 50 мл.

В последнюю очередь производилось титрование проб на хлор.

Хлорность морской воды определялась аргентометрическим методом.

Все книжки наблюдений обработаны и проверены. По данным наблюдений составлены таблицы ТГМ-3М(280 шт.). Таблицы составлялись согласно инструкции по заполнению глубоководных гидрологических и гидрохимических наблюдений.

5. Основные выводы.

В организационном отношении необходимо увеличение штата гидрохимического отряда до 7-8 человек. Число гидрохимиков согласно штатному расписанию (5 человек) совершенно недостаточно для выполнения объёма работ, предусматривавшихся программой рейса. Как показал проведённый хронометраж времени, загруженность сотрудников отряда составляла 12-14 часов в сутки.

Состояние приборов и лабораторного оборудования было, в основном, удовлетворительным. Следует отметить нестабильную работу фотоэлектроколориметров, вероятно, связанную со скачками напряжения в судовой сети.

Предварительный анализ полученных данных позволяет отметить следующее:

Гидрохимический режим района Фареро-Шетландского пролива определяется поступлением в пролив атлантических вод повышенной температуры и солёности, и вод Норвежского моря с более низкой температурой и солёностью ниже $35^{\circ}/\text{oo}$.

На всех галсах разреза наблюдался наклон изохалин по направлению с северо-запада на юго-восток (аналогично ходу температуры). Наиболее чётко этот наклон выражен на северо-западе разреза, что указывает на значительную интенсивность потока вод Норвежского моря. Почти вся юго-восточная часть разреза занята атлантическими водами с солёностями $35,40-35,50^{\circ}/\text{oo}$ (максимальными для данного района).

Положение изохалин и изотерм на разрезе почти совпадает. В целом в течение всего периода в верхнем 300-м слое отмечается повышение солёности аналогично повышению температуры. Одновре-

менно наблюдалось повышение солёности и понижение температуры в придонных слоях. Это повышение солёности в поверхностном и придонном слоях свидетельствует о возрастании интенсивности потоков как из океана в Норвежское море, так и из Норвежского моря в океан.

Абсолютное содержание кислорода на разрезе составляла 5,70 - 6,90 мл/л. Слой кислородного минимума располагался на глубинах от 50 до 300 м, т.е. в зоне атлантических вод повышенной солёности и температуры. Максимальные значения абсолютного содержания кислорода, как правило, превышавшие поверхностные везде на разрезе, наблюдались на глубине около 800 м, что примерно соответствует расположению порога, ограничивающего поступление глубинных вод Норвежского моря в Атлантический океан.

Интервал колебаний рН для исследуемого района составляет 8,30 - 8,00. Наибольшие значения величины рН_н наблюдались в поверхностном слое.

Исследуемый район характеризуется малым изменением величин щелочности. Наибольшие значения (2,38-2,40) и колебания щелочности наблюдаются в поверхностном слое.

Поверхностный слой (0-20 м) характеризуется наименьшими значениями биогенных элементов (фосфор-кремний, P-2,4 -5,7 мкг/л Si -180 - 200 мкг Si /л). С глубиной происходит увеличение содержания фосфора и кремния (P до 25-35 мкг/л, Si до 450-650 мкг Si/л). Максимальное содержание фосфатов наблюдалось в пограничной зоне между атлантическими водами и водами Норвежского моря.

Значительные концентрации нитритов (2,2 - 2,8 мкг/л) наблюдались только в поверхностном слое (0 - 20 м). Глубже 100-200 м концентрации нитритов выше 1 мкг/л не наблюдаются.

Анализ распределения гидрохимических элементов на разрезе по меридиану 30° з.д. позволяет отметить следующие основные особенности в распределении основных химических характеристик:

I) Самыми характерными чертами в распределении солёности

являются максимумы солёности в зонах субтропической конвергенции, причем в районе северного экваториального течения высокие солёности проникают на большие глубины при незначительных вертикальных градиентах.

2) В районе тропических широт от 15° с.ш. до 10° ю.ш. в слое 50–100 м наблюдается слой скачка солёности с максимумом на верхней границе.

3) Характеристики глубинных вод южнее зоны северной субтропической конвергенции определяются мощным вторжением промежуточной Антарктической воды на глубине 400 – 1000 м и донной Антарктической воды в южной части разреза на глубине более 4000 м и проникновением глубинных атлантических вод с севера между ними.

4) Распределение кислорода характеризуется небольшим переизбытком в зоне фотосинтеза и резко выраженным минимумом ниже слоя скачка плотности. В районе субтропической конвергенции воды хорошо аэрированы по всей толще.

5) Поверхностный слой обеднен биогенными элементами. В районе конвергенции этот слой достигает наибольшей мощности. Ближе всего к поверхности богаче фосфатами и кремнием воды поднимаются в зонах дивергенций вблизи 10° с.ш. и экватора на границах экваториального противотечения. Максимумы содержания биогенных элементов наблюдаются в нижней части зоны проникновения промежуточной Антарктической воды и в придонном слое.

6) Распределение величин щелочности и рН, в основном, следует распределению солёности.

В результате анализа ^{данных} гидрохимических наблюдений на многосуточных буйковых станциях, расположенных в районе банки Роколл, можно сделать следующие выводы:

I. Гидрохимический режим района характеризуется наличием двух водных масс: атлантической, отличающейся более высокой температурой и солёностью (до $35,50^{\circ}/\text{оо}$) и расположенной под ней более холодной и менее солёной (меньше $35,00^{\circ}/\text{оо}$) глу-

бинной атлантической воды.

2. Теплые солёные атлантические воды характеризуются пониженным содержанием кислорода (4,7 - 4,9 мл/л). Минимум содержания кислорода на ст. 4 лежащей юго-западнее банки Роколл, располагается на глубинах 300 - 600 м. На ст. 5, лежащей в глубоководном желобе между банкой Роколл и Британскими островами, наблюдаются два минимума кислорода: верхний, расположенный на глубинах 100-300 м (т.е. ниже слоя фотосинтеза) с содержанием 5,5 мл/л и нижний на глубинах 1000-1200, где содержание кислорода падает до 4,7 мл/л. Наибольшие вертикальные градиенты содержания кислорода наблюдаются на границе двух водных масс.

3. Максимальные концентрации биогенных элементов (фосфатов, кремния) наблюдались на тех же глубинах, что и минимум кислорода. Наименьшие значения биогенных элементов отмечались в трофогенном слое 0 - 50 метров.