

**ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В НОРВЕЖСКОМ МОРЕ
ПО ПЛАНАМ МГГ—МГС**

Г. Н. ЗАЙЦЕВ

В связи с участием Советского Союза в работах по проведению Международного геофизического года рыбохозяйственным научно-исследовательским учреждениям совместно с Гидрометслужбой было поручено провести океанографические работы в Норвежском море.

Помимо Советского Союза, в этой работе должны были принять участие норвежские океанографические учреждения. Поэтому на 45-й сессии Международного совета по исследованию морей, происходившей осенью 1957 г. в Бергене, советские и норвежские океанографы выработали единую схему океанографических разрезов (рис. 1), не дублирующих, а взаимно дополняющих друг друга. Работы обеих стран должны были проводиться в единые, заранее согласованные сроки дважды в течение 1958 г. К сожалению, начиная с первого рейса, эти согласованные сроки работ не были выдержаны, что снизило ценность полученных результатов. Так, норвежское судно «Иоган Иорт» вышло в море в первый рейс на месяц позже назначенного срока.

Советская часть исследований заключалась в проведении одиннадцати разрезов различной длины в южной и средней части Норвежского моря и пяти разрезов в его северной части.

Первая часть работ, большая по объему и разнообразию научной программы, выполнялась рыбохозяйственными научно-исследовательскими учреждениями; проведение второй части было возложено на Мурманское управление Гидрометслужбы. Программа работ судна МУГМС состояла в основном из стандартных гидрометеорологических наблюдений.

Основные советские исследования в Норвежском море по плану МГГ были проведены на э/с «Севастополь», представляющем собой специально переоборудованный большой рыболовный траулер (рис. 2).

На судне имеется радиотелеграфная и радиотелефонная связь, установлены гирокомпас, электролаг, радиолокатор. Помимо навигационного эхолота, которым судно оборудовано при постройке, на него при переоборудовании дополнительно поставлены эхолоты НЭЛ-4, НЭЛ-5р, Хьюз-МС-26 и рыболокатор.

Для спуска и подъема приборов предусмотрено несколько электрических лебедок. Кроме траловой лебедки с тяговым усилием 7 т, имеются три лебедки типа «Океан», дающие возможность брать пробы на

глубине до 5000 м. Одна из них размещена на корме и предназначена для гидрологических работ, вторая расположена на главной палубе по правому борту и служит для спуска дночерпателей, драг и геологических трубок, третья стоит на полубаке тоже по правому борту и предназначена для планктонных работ. Рядом с ней для тех же целей установлена менее мощная электролебедка типа ЛГ 1200-ВНИРО.

Около лебедок на корме и на полубаке для удобства работ оборудованы откидные мостики. На главной палубе по левому борту находится двухбаллонная установка для получения водорода, используемого при запуске радиозондов. Для метеорологических наблюдений на верхнем мостике установлена судовая дистанционная метеостанция (СДС). Оборудование судна позволяет также работать с электромагнитным измерителем течений.

В 1958 г. «Севастополь» совершил два рейса в Норвежское море. Первый из них происходил под руководством А. П. Алексеева и продолжался с 25 марта по 19 апреля. За это время было пройдено около 6300 миль, из них около половины приходится на рабочие ходы по разрезам и половина — на переходы. Всего было выполнено 203 станции, из них 119 океанографических по программе МГГ. Работы проводили в соответствии с утвержденной тематикой по следующим проблемам МГГ: строение вод океана и водные массы; взаимодействие океана с атмосферой; тепловой баланс океана; химия вод океана; рельеф дна и его происхождение; донные осадки и их происхождение; биология океана.

Конкретно вели наблюдения и брали пробы по аэрологии, актинометрии, метеорологии, гидрологии, гидрохимии, рельефу дна, морским осадкам, планктону, бентосу, а также проводили гидроакустические наблюдения за распределением косяков промысловых рыб. Научная группа состояла из 27 человек (метеорологи, гидрологи, гидрохимики, геологи, гидробиологи, гидрографы).

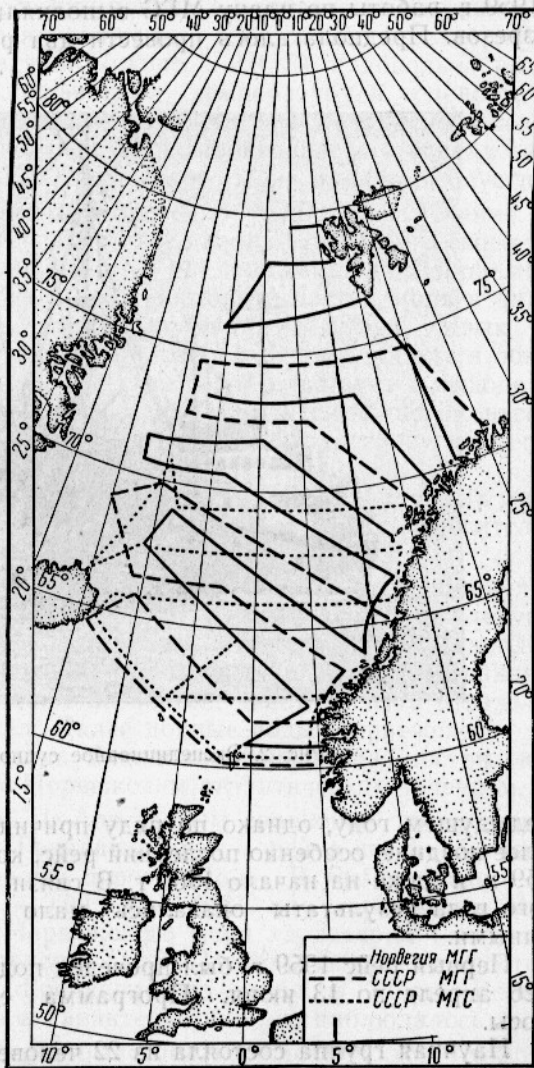


Рис. 1. Схема океанографических разрезов в Норвежском море по программам МГГ и МГС.

Второй рейс по той же программе проходил с 22 сентября по 31 октября под руководством Г. Н. Зайцева. Было выполнено 114 океанографических станций. Впервые в Норвежском море проведены исследования по микробиологии. Большой размах получили работы по изучению рельефа моря. С эхолотным промером было пройдено свыше 4000 миль. На этот раз научная группа насчитывала 30 человек.

Выполнением этих двух рейсов программа МГГ заканчивалась. Однако в 1959 г. по инициативе Советского Союза эти работы были продолжены уже по плану Международного геофизического сотрудничества (МГС). Норвегия от участия в этих работах отказалась, поэтому в случае проведения исследований по схеме, утвержденной для МГГ, получались большие пробелы. В связи с этим по предложению ПИНРО в 1959 г. работы по плану МГС выполнялись согласно схеме широтных разрезов. Предполагалось провести два рейса в те же сроки, что и в

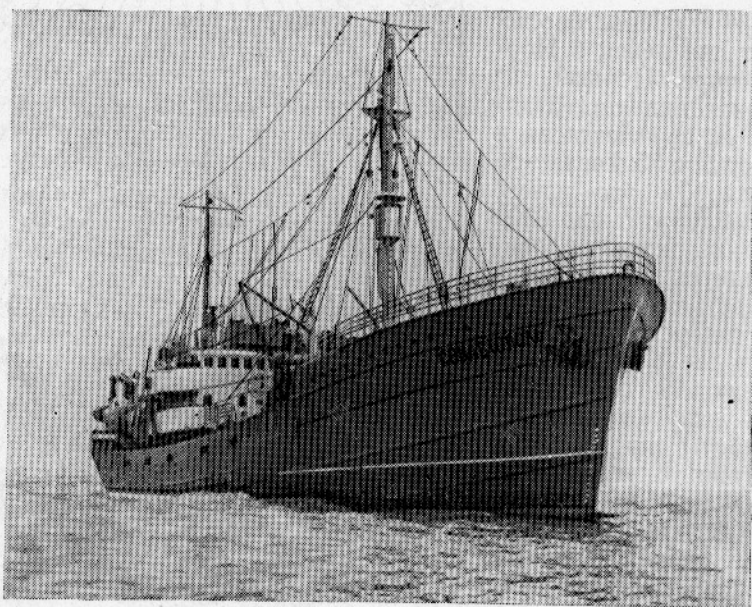


Рис. 2. Экспедиционное судно «Севастополь».

предыдущем году, однако по ряду причин их пришлось сдвинуть на более поздние, особенно последний рейс, который пришелся уже на зиму 1959 г. и даже на начало 1960 г. В связи с этим полученные в течение этого года результаты оказались мало сравнимыми с предыдущими данными.

Первый рейс 1959 г. был проведен под руководством Г. Н. Зайцева с 26 апреля по 13 июня. Программа его охватывала те же вопросы.

Научная группа состояла из 22 человек. Было выполнено 183 океанографические станции при той же протяженности пути, что и в предыдущем году (5990 миль). Второй рейс (зимний) этого года возглавлял А. П. Алексеев.

Обработка материалов, собранных во время рейсов э/с «Севастополь» по программе МГГ—МГС, позволила сделать ряд интересных

выводов и обобщений, а также проверить высказанные ранее предположения и уточнить полученные результаты.

Гидрологические исследования, помимо уточнения некоторых черт режима моря, дали возможность, в частности, проверить высказанное Г. К. Ижевским положение о том, что тепловое состояние моря характеризуется его тепловым состоянием в предшествующую зиму и даже в предзимье. На основе этого положения было высказано предположение о том, что 1958 г. будет несколько холоднее обычного, а 1959 г., наоборот, теплее. Последующая проверка подтвердила правильность этих предположений и тем самым правильность положения, высказанного Г. К. Ижевским.

Благодаря гидрологическим исследованиям в Норвежском море А. П. Алексеев по-новому осветил вопрос о происхождении донных вод Норвежского моря и схеме их движения. Эти воды характеризуются устойчивой низкой температурой (около $-0,9^{\circ}\text{C}$) и довольно высокой соленостью (около 34,9‰). Сравнивая температуру и соленость придонных вод Норвежского моря и вод Восточно-Исландского течения, А. П. Алексеев отметил почти полную их идентичность и сделал заключение о том, что донные воды Норвежского моря являются опустившимися вниз массами холодной воды Восточно-Исландского течения.

К этому же заключению приводит и анализ географического распределения температуры и солености в придонных слоях Норвежского моря. В юго-западной, центральной и восточной частях моря у дна находятся воды с одинаковой соленостью (34,87—34,88‰). Язык этих водных масс выдается на юг к Фареро-Шетландскому каналу и обнаруживается в глубинной части канала, что свидетельствует о выходе этих вод на юг, в Атлантику. На северо-востоке находится область с несколько повышенной соленостью донных вод, что связано с опусканием охлажденных атлантических вод Норвежского течения.

Сравнительно высокое содержание кислорода в придонных водах Норвежского моря (около 81%) свидетельствует об их относительной «молодости».

Полученные данные позволили наметить характер циркуляции донных вод Норвежского моря. Эта циркуляция сводится к следующему: основные массы донных вод, двигаясь с северо-запада, заполняют западные районы моря и проходят вдоль склонов Фареро-Исландского порога, после чего поворачивают на восток, давая по пути ответвление в Фареро-Шетландский канал. Далее донные воды Норвежского моря идут вдоль материкового склона Скандинавии на северо-восток и на север в одном направлении с Норвежским атлантическим течением.

Интересно сделанное А. П. Алексеевым сравнение характеристик донных вод Норвежского и Гренландского морей в соседних точках, расположенных по обе стороны порога Мона. В Гренландском море температура донных вод от $-0,99$ до $-1,08^{\circ}\text{C}$ при солености в 34,96—34,97‰, а для донных вод Норвежского моря характерна температура от $-0,86$ до $-0,90^{\circ}\text{C}$ и соленость 34,88—34,90‰. Если бы существовало движение донных вод из Гренландского моря в Норвежское или наоборот, то такого различия в характеристиках не наблюдалось бы.

Работами э/с «Севастополь» было подтверждено также, что донные воды Норвежского моря имеют выход в Атлантику не только через Фареро-Шетландский канал, но и через Фареро-Исландский порог.

Материалы, собранные в Норвежском море во время работ по программе МГГ—МГС, позволили А. П. Алексееву и Б. В. Истошину уточнить также схему течений Норвежского моря. Основные принципиаль-

ные отличия этой схемы от схемы Гелланд-Ганзена и Нансена заключаются в следующем.

По Алексееву — Истошину, Норвежское течение делится на несколько ветвей с круговоротами между ними, а по Гелланд-Ганзену и Нансену, это течение является единым целым потоком.

Гелланд-Ганзен и Нансен полагали, что в центре Норвежского моря имеется большой круговорот, в то время как, по последним данным, здесь проходят Западная и Средняя ветви Норвежского течения с несколькими антициклоническими круговоротами между ними; к острову Ян-Майен и порогу Мона атлантические воды подходят с юга и юго-востока, а не с востока, как полагали Гелланд-Ганзен и Нансен.

Имеется еще ряд расхождений между обеими схемами, но они менее существенны.

На основании тех же гидрологических данных А. Г. Кисляков уточнил динамическим методом скорость Шпицбергенского течения на участке от Лофотенских островов до Шпицбергена. По полученным им данным, скорость этого течения колеблется от 4,4 до 5,6 мили в сутки. Проверка полученных результатов косвенным методом — по скорости дрейфа личинок трески — показала, что в этом случае скорость Шпицбергенского течения оказывается равной 4,7 мили в сутки, т. е. подсчеты А. Г. Кислякова подтвердились, а существовавшее ранее мнение о том, что водным массам для прохождения от Норвегии до Шпицбергена требуется чуть ли не 3 года, оказалось опровергнутым.

Автором настоящей статьи был подсчитан водный и тепловой баланс Норвежского моря. В Норвежское и Гренландское моря через Фареро-Шетландский канал поступает ежедневно $22,99 \text{ км}^3$ воды, через Фареро-Исландский порог — $1,44 \text{ км}^3$, между о-вами Медвежьим и Шпицберген — $0,40 \text{ км}^3$, т. е. всего $24,83 \text{ км}^3$. За тот же промежуток времени из этих морей между Шетландскими островами и Норвегией вытекает $0,39 \text{ км}^3$ воды, между мысом Нордкап и о-вом Медвежьим — $5,39 \text{ км}^3$ и между о-вом Шпицберген и Гренландией — $16,25 \text{ км}^3$, через Датский пролив — $1,51 \text{ км}^3$, т. е. всего $23,54 \text{ км}^3$. Учитывая несовершенство методики и недостаточно точное знание остальных элементов водного баланса (осадки, испарение, льдообразование) расхождением в $1,5 \text{ км}^3$ приходится пренебречь. В первом приближении принято, что величины осадков и испарения равны, как равны между собой ледовые статьи водного баланса — льдообразование и таяние льда.

По данным расходов воды были вычислены величины тепла, переносимого течениями, т. е. внутриводной адвекции. В течение года с водными массами в Норвежское море через Фареро-Шетландский канал вносится 1855×10^{15} ккал тепла, через Фареро-Исландский пролив — 80×10^{15} ккал, через Шетландско-Норвежский проход — 20×10^{15} ккал. Выносится из Норвежского моря в Баренцево 100×10^{15} ккал, а в Гренландское — 1205×10^{15} ккал. Помимо этого, Норвежское море получает из атмосферы через солнечную радиацию 281×10^{15} ккал, а расходует в атмосферу через испарение 512×10^{15} ккал и путем турбулентного теплообмена с атмосферой еще 408×10^{15} ккал.

Отсюда ясно, что Норвежское море расходует тепла в атмосферу больше, чем получает из нее, и что главным источником тепла для моря является Атлантическое течение. Через поверхность моря из атмосферы поступает лишь 12% всего тепла, получаемого морем. Расход же тепла этим путем составляет 41% всех тепловых затрат. В Гренландском море доля тепла, получаемого из атмосферы, еще меньше — она составляет лишь 9,5%.

Основной задачей геологических работ э/с «Севастополь» было ус-

тановление зависимости между рельефом дна, распределением водных масс и характером донных отложений. За все время работ было собрано около 100 проб грунтов из дночерпателя и около 350 колонок грунта. Максимальная длина колонки достигала 390 см.

Работы геологической группы показали, что центральная часть Норвежского моря покрыта коричневым илом с корненожками. В прибрежных частях Скандинавии и вокруг островов преобладают грубообломочные осадки серого и зеленовато-серого цвета с камнями, битой ракушей, иглами губок и песчаными корненожками.

По минералогическому составу у побережья Норвегии основную роль играет комплекс минералов кислой магмы с преобладанием кварца, а также минералы метаморфических пород, из которых преобладают моноклинные амфиболы. Вокруг островов вулканического происхождения в осадках обнаружено много вулканического стекла, а в центральной части моря — большое количество непрозрачных выветрелых минералов.

Путем химического анализа образцов установлены большие различия в содержании карбонатов и окислов железа, марганца и фосфора, обуславливающих цвет осадков. Причиной этого является различие водных масс, заполняющих Норвежское море. В районах струй теплого течения и фронтальных зон в результате опускания большого количества отмерших корненожек на дне моря накапливаются карбонаты.

В зонах с замедленным движением воды и в районах фронтальных зон отмечено обогащение осадков полуторными окислами.

В прибрежной зоне и вокруг островов подстилающими осадками являются в основном серые глины ледникового периода. В центральной части Норвежского моря под коричневыми илами с корненожками залегают коричневые илы без корненожек, еще ниже зеленовато-серые илистые пески, затем кокколитовые белые слои и прослойки вулканического стекла, коричневые илы без корненожек и, наконец, снова коричневые осадки с корненожками. Наличие кокколитов и корненожек дает основание предполагать, что в четвертичный период наблюдался усиленный приток теплых вод из Атлантического океана, повторявшийся несколько раз.

Многочисленные эхолотные промеры дали большой материал для уточнения рельефа дна Норвежского моря. В результате этих работ опровергается ранее сложившееся представление о рельефе дна глубоководной части моря. Сейчас можно утверждать, что дно Норвежского моря не ровное, а осложнено рядом хребтов, вытянутых в направлении, близком к меридиональному.

На дне центральной впадины «Севастополем» был открыт ряд отчетливо выраженных подводных поднятий, являющихся остатками древней горной системы. Высота их над дном 500—900 м, крутизна склонов 10—12°, а в ряде случаев даже до 25°.

Гидрохимические исследования позволили выяснить некоторые биохимические особенности моря. Кроме того, на основании данных по солености и щелочности проверены схемы распределения водных масс и определена зона распределения вод материкового стока.

Щелочность входящих атлантических вод оказалась на 0,003 мг-экв/л ниже, чем щелочность этих вод в северо-восточном районе. Наоборот, прибрежно-континентальные воды при поступлении в Норвежское море характеризуются более высокой щелочностью, но уже к 66—67° с. ш. она уменьшается на 0,015—0,009 мг-экв/л. Эти данные позволяют определить границы наибольшего распространения вод суши

в пределах бассейна. Щелочность полярных вод оказалась на 0,002 мг-экв/л меньше щелочности атлантических вод.

Впервые широко поставленные исследования по фотосинтезу показали, что толщина фотического слоя и интенсивность фотосинтеза во времени зависят от широты места. В атлантических водах на юге (южнее 72° с. ш.) максимальное развитие процессов фотосинтеза приходится на май—июнь, а в северной части Гренландского моря (севернее 78° с. ш.) эти процессы приходятся на вторую половину августа и сентябрь. Толщина слоя фотосинтеза в среднем для всего Норвежского моря 50 м, но в зависимости от времени года и района моря она изменяется в больших пределах. Так, в марте в прибрежных районах этот слой оказался равным 40 м, а в открытых частях моря— всего лишь 10—20 м. В июне—июле было отмечено обратное явление: в центральной части моря фотосинтез наблюдался до глубины 100 м, а в береговой зоне проникал только до глубины 10—20 м.

Продолжительность вегетационного периода южнее 72° с. ш. оказалась равной 7,5—8 месяцам, а на 78° с. ш.— около 6 месяцев. Нижняя граница наиболее аэрированной зоны (содержание кислорода 89%) в среднем для всего Норвежского моря залегает на глубине 640 м. В южной части моря она располагается на глубине около 580 м, от 68° с. ш. до широты о-ва Медвежьего— на глубине 710 м, а далее на север вновь поднимается до 630 м.

Полученные гидрохимические данные позволили также наметить основные составляющие баланса биогенных элементов. Это, в свою очередь, поможет дать оценку снабжения водоема первичными питательными веществами. Обмен фосфатами и растворенными соединениями кремния между Норвежско-Гренландским бассейном и смежными водоемами характеризуется величинами, приведенными в таблице.

Проливы	Обмен биогенными элементами в млн. т	
	фосфаты	силикаты
Датский	—0,3	—0,7
Между Исландией и Скандинавией	+4,5	+15
Между Гренландией и Шпицбергом	—2,3	—5
Между Нордкапом и Зюйдкапом	—0,5	Около —1,5

Данные по другим биогенным элементам подтвердили тот факт, что основные их массы вносятся с атлантическими водами. Оказалось также, что кремния атлантические воды выносят на север в Норвежское море в 7 раз больше, чем полярные воды на юг через Датский пролив. То же наблюдается и в отношении азота.

При проведении микробиологических работ осенью 1958 г. были взяты пробы на 51 станции. Выделено 428 культур бактерий, в том числе светящиеся. Были также учтены гетеротрофные бактерии. При подсчете в поверхностных горизонтах обнаружено 100—200 бактерий в 40 мл воды, а в более глубоких горизонтах моря— значительно меньше. Значительно повышается количество бактерий в зонах стыков различных водных масс. В Датском проливе их ничтожно мало в верхних сло-

ях и несколько больше на глубине. В некоторых районах моря, в основном на глубине 75—500 м, обнаружены светящиеся бактерии.

В результате микробиологического анализа поверхностных слоев ила, проведенного на некоторых станциях, установлено, что количество гетеротрофных бактерий в илах ничтожно.

Дальнейшая обработка выведенных культур и сравнение их с культурами из Атлантического океана позволили проследить распределение атлантических водных масс в Норвежском море, пользуясь бактериологическим материалом.

Гидробиологические работы заключались в сборе планктона и бентоса. Материал еще полностью не обработан, но уже сейчас можно отметить уникальный характер сборов тралом Сигсби в центральных частях Норвежского моря на глубине до 3400 м.

Группа сотрудников Гидрометслужбы во всех рейсах проводила наблюдения по актинометрии, аэрологии и метеорологии. Данные по актинометрии в соответствии с установленным порядком были переданы в Главную геофизическую обсерваторию, аэрологические и метеорологические данные — в Научно-исследовательский институт аэроклиматологии (НИИАК), а данные океанографических наблюдений — в Мировые Центры Данных Б (в Москве) и А (в Вашингтоне).
