

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ОЖИГИН Владимир Кириллович

УДК 639.2.053.1(268.45)

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВОСПРОИЗВОДСТВА
ПРОМЫСЛОВЫХ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

II.00.08 – океанология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Ленинград
1991

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Баренцево море – один из наиболее продуктивных водоемов Мирового океана. В 70-е гг. нынешнего столетия и в начале 80-х в нем вылавливалось в среднем от 2 до 3 млн.т рыбы в год. Более половины этого количества приходилось на долю пелагических объектов промысла: мойвы, сельди и сайки. Годовой вылов сельди и сайки невелик, мойвы же вылавливалось более 1 млн.т, а в отдельные годы – до 2,5 млн.т. Под воздействием интенсивного "пресса промысла" запасы пелагических рыб резко сократились. По решению Международного Совета по изучению моря (ICES) и Смешанной советско-норвежской Комиссии по рыболовству специализированный промысел мойвы с 1986 г. был полностью прекращен. Благодаря этой мере ее запас к настоящему времени восстановился до нормального уровня. Весной 1991 г. промысел возобновлен.

В сложившихся условиях резко возросла актуальность изучения процессов воспроизводства пелагических рыб Баренцева моря и формирования численности поколений. От успешности их решения во многом будет зависеть разработка модели рациональной эксплуатации запасов, исключающей вероятность повторных переловов. По-прежнему актуальным для организации рационального поиска остается изучение процессов, определяющих особенности распределения промысловых концентраций рыб.

Рыбопродуктивность Баренцева моря в большой мере зависит от сезонной и межгодовой изменчивости динамики вод, их теплового состояния, а также процессов взаимодействия океана с атмосферой. Изучение океанографических условий и их влияния на воспроизводство и распределение промысловых рыб позволит выявить закономерные связи в системе среда-организм и будет способствовать разработке методов промыслового прогнозирования.

ВНИРО
№ _____
Библиотека

Работа выполнена в Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича (ПИНРО)

Научный руководитель:
доктор географических наук А.А.Елизаров

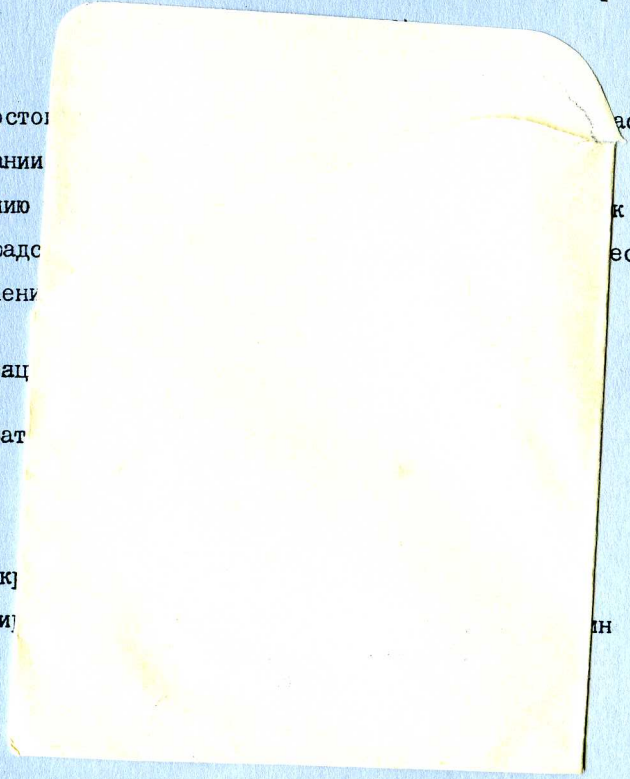
Официальные оппоненты:
доктор географических наук Ю.В.Суставов
кандидат географических наук А.П.Алексеев

Ведущая организация:
Атлантический научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии

Защита состояла
на заседании
присуждению
в Ленинградс
195196 Лени

С диссертаци
Автореферат

Ученый сек
специализи



Цели и задачи. Основной целью исследований было изучение океанографических условий Баренцева моря как основы для разработки приемов прогноза, позволяющих заблаговременно рассчитывать отдельные показатели численности поколений и предсказать особенности распределения промысловых концентраций рыбы. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- анализировалось влияние океанографических условий на сроки и места нереста, на распределение молоди и формирование численности поколений пелагических рыб;

- изучались фронтальные зоны Баренцева моря как факторы, оказывающие значительное влияние на особенности распределения рыб;

- исследовалось влияние межгодовых изменений теплового состояния вод на характер сезонных миграций;

- выделялись основные абиотические факторы, определяющие особенности распределения пелагических рыб и колебания численности их поколений, изучались возможности использования показателей океанографических условий для разработки приемов прогноза отдельных элементов, характеризующих воспроизводство и распределение рыб.

Научная новизна. Впервые для Баренцева моря на основе климатических данных выполнен комплексный анализ структуры фронтальных зон в полях температуры, солености и плотности воды. Проанализирована сезонная и межгодовая изменчивость. Составлена схема климатического положения термических и халинных фронтальных зон. На примере мойвы рассмотрена связь распределения скоплений рыбы с фронтальными зонами. Определены участки, на которых часто формируются плотные скопления. Выделены сезоны года, в которые связь распределения мойвы с фронтальными зонами проявляется наиболее ярко.

Проанализировано влияние крупномасштабных потеплений и похолоданий в Баренцевом море на характер распределения мойвы в течение полного годового цикла. На этой основе усовершенствована схема ее сезонных миграций.

Выделены основные абиотические факторы, определяющие характер распределения мойвы в период нагула. Разработана схема прогноза положения северной границы нагульного ареала и вероятной зоны распределения мойвы в сентябре-октябре по показателям океанографических условий.

Определены основные факторы среды обитания, определяющие колебания численности молоди сайки юго-восточной части Баренцева моря. Разработан прием, позволяющий с заблаговременностью около I мес. рассчитать индекс численности молоди этой рыбы.

Практическая ценность. Результаты, полученные при анализе структуры фронтальных зон, могут быть использованы при подготовке климатического описания Баренцева моря. Связь распределения скоплений мойвы с климатическими фронтальными зонами и закономерности ее сезонных миграций в зависимости от межгодовых изменений теплового состояния вод могут быть использованы при организации поисковых работ.

Схема прогноза северной границы нагульного ареала мойвы и вероятной зоны распределения ее промысловых концентраций успешно применялась в 1983-1985 гг. при подготовке прогнозов на осенние мойвенные путины. С возобновлением промысла она будет использоваться в дальнейшем. Практическое значение имеет и уравнение множественной регрессии, позволяющее заблаговременно рассчитывать индекс численности молоди сайки.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Всесоюзных конференциях по промысловой океанологии (Мурманск, 1983, 1986; Астрахань,

1987), на II и III советско-норвежских симпозиумах (Берген, 1984; Мурманск, 1986), на Всесоюзном семинаре "Океанологические фронты северных морей" (Москва, 1989), на семинарах отдела экологии моря ВНИРО (1987, 1988, 1989). В полном объеме диссертация докладывалась на отчетной сессии Ученого совета ПИНРО (1990), межлабораторных семинарах ПИНРО (1990) и ЛГМИ (1990).

П у б л и к а ц и и . По теме диссертации опубликовано 13 работ, из них 9 в соавторстве. Большинство соавторов ихтиологи.

С т р у к т у р а и о б ъ е м д и с с е р т а ц и и . Содержание диссертации изложено на 176 стр. машинописного текста, иллюстративные материалы представлены 38 рисунками и 5 таблицами. Работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 169 наименований, из них 47 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В о в е д е н и и обосновывается перспективность и актуальность выбранной темы, определяются цели и задачи исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В п е р в о й г л а в е на основе обзора выполненных ранее исследований дана краткая общая характеристика океанографических условий Баренцева моря и систематизированы разрозненные сведения из многочисленных публикаций отечественных и зарубежных авторов о влиянии температуры воды, солёности, плотности, динамики вод, ледовых условий, высокоградиентных зон и атмосферной циркуляции на различные стороны жизнедеятельности баренцевоморских пелагических рыб.

Проведенный анализ показал, что воздействие факторов среды обитания на жизнедеятельность сельди и сайки изучено очень слабо. Основное внимание было сосредоточено на исследованиях экологии

мойвы как объекта, обеспечивавшего наибольший вклад в общий вылов. При этом даже у мойвы удовлетворительно изучены только океанографические условия нереста, поскольку преднерестовая рыба имеет наибольшую пищевую ценность. Другие периоды годового цикла, такие как нагул и зимовка освещены недостаточно.

Из океанографических факторов наиболее разносторонне рассмотрено влияние температуры воды, так как этот показатель является легко доступным для измерения, а потому и наиболее массовым. Кроме того температура воды оказывает воздействие практически на все стороны жизни морских гидробионтов, что нашло широкое отражение в работах многих исследователей (Расс, 1933; Поздняков, 1958, 1960; Прохоров, 1965; Olsen, 1968; Бочков, 1969; Saetre, Gjosaeter, 1975; Лука, 1977, 1978; Родин, 1977, 1979; Надеждин, 1979; Loeng, 1981; Gjosaeter, Loeng, 1987 и др.). Попытки комплексного подхода к анализу влияния совокупности океанографических факторов на жизнедеятельность пелагических рыб Баренцева моря можно встретить лишь у В.В.Пенина (1973), А.В.Шевченко и А.С. Галкина (1983).

Выявленные к настоящему времени связи между абиотическими и биологическими показателями носят преимущественно качественный характер, что сильно затрудняет их практическое использование. В рыбопромысловых прогнозах, разрабатываемых на этой основе, ожидаемую численность поколений указывают как низкую, среднюю или высокую, а ожидаемое распределение рыбы - как восточное или западное.

Перечисленные проблемы определили основное направление исследований - изучение океанографических условий распределения и воспроизводства баренцевоморских пелагических рыб по возмож-

ности на основе системного подхода с целью разработки элементов методик промыслового прогнозирования, дающих количественные оценки.

Во второй главе охарактеризованы используемые материалы и методы исследования. Комплексный подход при решении поставленных задач предопределил необходимость совместного анализа океанографических и биологических данных.

Ряды регулярных наблюдений для океанографических показателей в изучаемом районе имеют продолжительность 30-40 лет. Для биологических показателей они значительно короче - всего 10-20 лет. Это препятствует получению надежных статистических оценок. В качестве основного был принят период с 1971 по 1989 гг.

Влияние межгодовых изменений теплового состояния вод на распределение и воспроизводство пелагических рыб анализировалось на основе данных о температуре воды в слоях 0-50 и 0-200 м на стандартных разрезах южной части Баренцева моря. Для этой же цели использовались данные о температуре воды поверхностного слоя на отдельных прибрежных станциях.

В качестве показателя ледовых условий использовались ежемесячные данные о положении ледовой кромки. Определялась ледовитость в процентах для участка акватории в юго-восточной части моря (68-70° с.ш., 40-60° в.д.), где отмечается регулярный нерест сайки, для периода с января по июнь.

Повторяемость ветров северо-восточных направлений на ст. Вайда-губа и число дней с ветром, имеющим скорость более 10 м/с, на юго-востоке моря были приняты в качестве показателей атмосферной циркуляции.

Распределение молоди мойвы и сайки анализировалось по данным советско-норвежских съемок по оценке численности рыб 0-груп-

пы (возраст 2-3 мес), проводимых в конце августа - начале сентября, за период 1967-1988 гг. Распределение мойвы старших возрастных групп в период нагула рассматривалось на основе данных советско-норвежских съемок по оценке запасов пелагических рыб, выполнявшихся в сентябре - начале октября в 1973-1985 гг. Сведения о распределении мойвы в другие периоды годового цикла заимствованы из отчетов норвежских специалистов по результатам акустических съемок в 1970-1985 гг. В качестве показателей воспроизводства мойвы и сайки применялись индексы численности 0-группы.

Для количественной характеристики фронтальных зон рассчитывались модуль горизонтального градиента и значение лапласиана в узлах регулярной сетки, имеющей шаг 20' вдоль меридиана и 1° вдоль параллели. Положение фронта определялось по максимальным значениям градиента. Значения лапласиана использовались для этой же цели как вспомогательное средство. Поскольку в работе использовались данные наблюдений в точках, расположенных на расстоянии 10 миль и более друг от друга, предполагалось, что расчетные значения горизонтального градиента температуры, солености и плотности заметно занижены по сравнению с реально существующими. Фронтальные зоны выделялись по критерию $\Gamma_{\text{фз}} > 2(4) \Gamma_{\text{к}}$, т.е. горизонтальный градиент температуры, солености и плотности во фронтальной зоне ($\Gamma_{\text{фз}}$) должен быть в два раза больше среднего климатического градиента ($\Gamma_{\text{к}}$) при расчетах по среднегодовым данным и в четыре раза - при расчетах по данным отдельных океанографических съемок. Климатический градиент температуры в Баренцевом море не превышает 0.01 °С/км, солености - 0.001 ‰/км, плотности - 0.002 усл.ед./км. Эти значения и использовались в качестве отсчетного уровня ($\Gamma_{\text{к}}$).

Расчеты горизонтального градиента температуры, солености и плотности воды были выполнены на основе среднесезонных данных для всех месяцев года для горизонтов 0, 50, 100 м и придонного. Кроме того сделано большое количество расчетов на основе данных отдельных океанографических съемок.

Для восстановления значений температуры, солености и плотности в узлах регулярной сетки применялся широко известный метод весовой интерполяции. На примере поля температуры поверхности моря выполнена оценка качества восстановления этим методом при целочисленных значениях показателя степени весового коэффициента от 1 до 9 и дискретности данных 5-7, 30-40 и более 60 км. Для этого были использованы данные авиатермосъемки, выполненной 17-21 сентября 1986 г. Галсы съемки ориентированы вдоль параллелей и меридианов, что обеспечило наличие 223 точек, совпадающих по своему положению с узлами регулярной сетки и относительно равномерно покрывающих акваторию моря. Из рабочей совокупности значения температуры в этих точках были удалены. По оставшейся информации производилась интерполяция в узлы сетки. Расчетные значения сравнивались с исключенными. Среднеквадратическая разность расчетных и наблюдаемых (исключенных) значений рассматривалась как мера качества интерполяции. В результате установлено, что наилучшее качество восстановления поля достигается при показателе степени весового коэффициента, равном 3. При дискретности данных, характерной для судовых съемок Баренцева моря, поле температуры восстанавливается со средней квадратической погрешностью около $0,3^{\circ}\text{C}$.

Поиск зависимостей между показателями в системе среда-био-объект осуществлялся с применением методов корреляционного и регрессионного анализа. Точность многомерных регрессионных за-

висимостей и эффективность прогнозирования на их основе оценивалась согласно рекомендациям "Наставления по службе прогнозов" (1975). Расчеты проводились на ЭВМ ЕС-1035 и микро-ЭВМ "Искра-1256" по стандартным программам статистической обработки информации и программам, разработанным автором.

В третьей главе рассмотрена структура фронтальных зон Баренцева моря в полях температуры воды, солености и плотности. На примере мойвы проанализирована связь распределения рыбных скоплений с высокоградиентными образованиями.

Расчеты на основе средних многолетних данных показывают, что горизонтальный градиент температуры воды уменьшается в направлении с запада на восток во все сезоны года на всех горизонтах, кроме придонного. В промежуточных слоях (50-100 м) на протяжении всего года наблюдается высокая стабильность положения термических фронтальных зон. Участки максимальных значений градиента температуры приурочены к склонам крупных форм рельефа дна (Медвежинская банка, западный склон Западного желоба, западный и южный склоны Центральной возвышенности, Северо-Канинская и Гусиная банки, Новоземельское мелководье).

Наибольшие значения горизонтального градиента отмечаются в промежуточных слоях, с глубиной градиент убывает. У дна он в несколько раз меньше, чем на горизонте 50 м. В придонном слое термический фронт хорошо выражен лишь у о-ва Медвежий и по юго-западной периферии Центрального желоба. В поверхностном слое к августу-сентябрю за счет радиационного прогрева горизонтальный градиент температуры существенно размывается. В промежуточных слоях моря наблюдается уменьшение градиента в холодное время года и увеличение в теплое.

В годы или сезоны, когда отмечается общее повышение теплового состояния вод в море, термические фронтальные зоны на от-

дельных участках в придонном слое могут смещаться на 50-70 миль в северном и северо-восточном направлениях. При аномальном понижении температуры воды в районе Западного желоба отмечается формирование термического фронта в придонном слое западной, наиболее глубоководной части моря.

Халинные фронтальные зоны наиболее ярко выражены в поверхностном слое Баренцева моря. Расчеты на основе климатических данных для горизонта 0 м свидетельствуют о наличии существенной сезонной изменчивости. В холодную часть года горизонтальный градиент солености ослаблен. Фронтальные зоны проявляются только у о-ва Медвежий и м.Канин Нос. В июле-сентябре, благодаря распреснению поверхностного слоя за счет ледотаяния и речного стока, горизонтальный градиент солености резко обостряется, на отдельных участках превышая 0.020 $^{\circ}/\text{оо}/\text{км}$. Халинные фронтальные зоны в этот период хорошо выражены в районе Зюйдкапского желоба, вдоль склонов Медвежинской банки, у берегов Финмаркена и Мурмана, у м.Канин Нос, вдоль западного побережья Новой Земли. Горизонтальный градиент солености на востоке моря существенно больше, чем на западе. Участки халинных фронтальных зон с горизонтальным градиентом более 0.010 $^{\circ}/\text{оо}/\text{км}$ в Медвежинско-Шпицбергенском районе имеют протяженность в десятки миль, а на востоке моря они тянутся на сотни миль.

С глубиной горизонтальный градиент солености быстро убывает. По средним многолетним данным на горизонтах 50, 100 м и у дна фронтальные зоны проявляются плохо. Расчеты по данным отдельных океанографических съемок показывают, что на глубине 100 м значения горизонтального градиента могут быть в 2-3 раза меньше, чем в поверхностном слое, при этом фронтальные зоны проявляются

лишь на западе моря. Отдельные участки халинных фронтальных зон по своему положению совпадают с крупными формами рельефа дна.

Фронтальные зоны в поле плотности в летний период проявляются преимущественно в поверхностном слое. С увеличением глубины горизонтальный градиент плотности в центральной, северной и восточной частях моря резко уменьшается. Плотностные фронты на горизонтах 50 и 100 м проявляются только в северо-западной и южной частях моря. В структуре плотностных фронтальных зон как по горизонтали, так и по вертикали, много общего с структурой халинных фронтальных зон, что подчеркивает преобладающий вклад солености в формировании поля плотности Баренцева моря и позволяет отождествлять в первом приближении плотностные фронтальные зоны с халинными.

Схема климатического положения фронтальных зон, составленная по результатам исследований, показывает, что в Баренцевом море они имеют сложную структуру. В отдельных районах они могут четко проявляться в поле одного параметра и совсем не проявляться в поле другого. Совпадающим в первом приближении, можно считать положение термической и халинной (соответственно и плотностной) фронтальных зон в северо-западной и частично в восточной частях моря. В центре моря хорошо проявляется термическая и очень слабо - халинная. На севере и северо-востоке моря наоборот - лучше выражена халинная фронтальная зона. Это же относится к южной и юго-восточной частям моря. Наличие хорошо выраженной термической фронтальной зоны и слабое проявление халинной в центральной части моря обусловлено циклоническим характером общей циркуляции вод в районе Центрального желоба и связанными с ним процессами трансформации атлантических вод.

Анализ распределения мойвы в течение годового миграционно-

го цикла показал, что плотные скопления часто формируются в зонах фронтов. С последними у мойвы связано около половины периода годового цикла. Это связь проявляется особенно хорошо в период зимовки и перед началом нерестовой миграции. Большинство скоплений рыбы в это время сосредоточено вдоль фронтальной зоны от о-ва Медвежий в направлении на северо-восток до Центральной возвышенности, по западному и южному склонам последней и далее на юг до восточного склона Мурманской банки. В период зимовки мойва малоактивна. Для обеспечения меньших энергетических затрат при созревании половых продуктов она выбирает участки с оптимальными тепловыми условиями. Такие участки с температурой $1-3^{\circ}\text{C}$ чаще всего находятся в пределах фронтальной зоны.

Во время нагула скопления мойвы меньше тяготеют к фронтальным зонам, поскольку распределение рыбы в это время определяется не только условиями среды, но и распределением кормового зоопланктона. Однако в периоды длительных похолоданий и в следующие за ними годы большое количество крупных скоплений мойвы формировалось вдоль фронтальных зон в северо-западной части моря.

В четвертой главе рассмотрено влияние межгодовых изменений океанографических условий на распределение баренцевоморской мойвы.

В качестве интегральных показателей межгодовых изменений тепловых условий была принята среднегодовая температура воды в слое 0-200 м на разрезах "Кольский меридиан", "Нордкап-Медвежий" и "Широтный". Теплыми (холодными) считались промежутки времени, в течение которых температура воды была выше (ниже) среднего многолетнего уровня на $0,3^{\circ}\text{C}$. На этой основе выделены периоды и отдельные годы, в которые наблюдались значительные потепления и похолодания. Вся совокупность данных акустических съемок мойвы

была разбита на три группы, характеризующих распределение рыбы в теплые годы, в годы с оптимальными условиями и в холодные годы. Выполнен анализ особенностей распределения мойвы в течение полного годового миграционного цикла отдельно для теплых и холодных лет. Составлена схема ее сезонных миграций, показывающая различия в распределении скоплений и путях миграции при потеплениях и похолоданиях.

Распределение мойвы в период нагула (август - начало октября) формируется под влиянием условий среды, развития и распределения кормового зоопланктона. Скопления рыбы образуются в районах с оптимальными океанографическими условиями и плотными скоплениями планктона. Развитие зоопланктона и распределение его скоплений в свою очередь зависит от наличия оптимальных условий для его продуцирования и дрейфовой циркуляции, поскольку основные концентрации сосредоточены в пикноклине и непосредственно над ним (Родин, 1977; Лука, 1978) и могут быть вовлечены в движение под действием ветра, поскольку пикноклин залегает на малой глубине. Кроме того при повышенной повторяемости северо-восточных ветров сдерживается сезонный прогрев вод, а следовательно и процессы репродукции зоопланктона.

Таким образом, распределение мойвы в период нагула зависит как от прямого, так и опосредованного (через зоопланктон) воздействия изменений океанографических условий. Описанный выше механизм был положен в основу исследования.

В качестве показателя распределения нагульной мойвы была принята снимавшаяся с карт, построенных по данным советско-норвежских акустических съемок в сентябре - начале октября, нулевая изолиния плотности скоплений рыбы, ограничивавшая с севера районы нагула. Она была принята за северную границу нагульного

ареала мойвы (СГНАМ). Чтобы представить положение СГНАМ в числовом виде были выбраны 6 эффективных галсов, расположенных на равных расстояниях друг от друга и ориентированных с юго-запада на северо-восток в направлении основных межгодовых смещений нагульного ареала. Один галс (седьмой) ориентирован в направлении меридиана 35° в.д. Положение СГНАМ на каждом галсе выражалось расстоянием в милях от его начала. Таким способом были получены временные ряды за 13 лет.

В качестве показателей теплового состояния вод в предшествующий нагулу период рассматривалась температура воды поверхностного слоя и средние значения температуры в слоях 0-50 и 0-200 м на стандартных разрезах юго-западной части моря. Для характеристики атмосферной циркуляции были взяты разность атмосферного давления в створе ст.Вайда-губа - о-в Медвежий и средняя повторяемость ветров северо-восточных направлений на ст. Вайда-губа.

В результате корреляционного анализа установлено, что из температурных показателей наиболее тесно с положением СГНАМ связаны средние значения температуры в слое 0-50 м на разрезе "Кольский меридиан" в апреле-июне. Коэффициент корреляции (r) для различных галсов изменяется от 0,63 до 0,79. Для имеющихся рядов коэффициенты корреляции достоверны при уровне значимости $p=0,05$, если они превышают 0,55. Статистически значимой оказалась связь положения СГНАМ и с повторяемостью северо-восточных ветров на ст.Вайда-губа в январе-июне ($r=-0,55 + -0,73$).

С помощью методов регрессионного анализа для каждого галса были получены уравнения для расчета положения СГНАМ:

$$У1 = 70,5 \cdot T - 34,5 \cdot P + 74,7,$$

$$У2 = 84,9 \cdot T - 42,8 \cdot P + 175,0,$$

$$У3 = 80,2 \cdot T - 51,2 \cdot P + 260,5,$$

$$У4 = 83,1 \cdot T - 54,7 \cdot P + 259,6,$$

$$У5 = 105,9 \cdot T - 75,3 \cdot P + 291,0,$$

$$У6 = 144,3 \cdot T - 81,9 \cdot P + 182,7,$$

$$У7 = 136,0 \cdot T - 103,9 \cdot P + 304,8,$$

где $У1-У7$ - положение СГНАМ на I-VII галсах в сентябре - начале октября;

T - температура воды в слое 0-50 м на разрезе "Кольский меридиан" в апреле-июне;

P - повторяемость северо-восточных ветров на ст.Вайда-губа в январе-июне.

Допустимая погрешность ($\delta_{90\%}$) принята равной 0,674 σ . Она возрастает от 40 миль для галса I на западе моря до 106 миль для галса VII на востоке. За критерий надежности полученных связей взята величина отношения средней квадратического отклонения построенной оценки (S) к среднему квадратическому отклонению прогнозируемой величины (σ). У всех уравнений, кроме уравнения для галса VII, величина этого отношения меньше 0,57. Коэффициент множественной корреляции у всех уравнений больше 0,8.

Мойва старших возрастных групп, наиболее ценная для промысла, занимает самую северную часть нагульного ареала (Loeng, 1981), т.е. держится в зоне шириной около 100 миль, непосредственно прилегающей к СГНАМ. Прогноз положения СГНАМ с учетом данного обстоятельства позволяет предсказать вероятную зону распределения основных промысловых концентраций мойвы в период нагула.

Расчет положения СГНАМ на основе рассматриваемого подхода использовался при подготовке прогнозов на осенние мойвенные путины в 1983-1985 гг. Прогноз распределения нагульной мойвы в 1983 г. оправдался полностью. Погрешности при расчете положения СГНАМ не превысили допустимых. Большая часть плотных concentra-

ций рыбы, на которых работал промысловый флот, оказался внутри предсказанной зоны вероятного распределения мойвы. В 1984 г. погрешность прогноза положения СГНАМ на галсе VI в 1,5 раза превысила допустимую, но большинство промысловых скоплений рыбы было в рекомендованной для поиска зоне. Были проведены дополнительные расчеты и уточнены уравнения. Прогноз распределения мойвы на осеннюю путину 1985 г. оправдался полностью.

Поскольку множественные регрессионные зависимости получены на коротких временных рядах, в будущем, по мере накопления новых данных, прогностические уравнения будут уточняться.

В пятой главе рассмотрено влияние океанографических условий Баренцева моря на нерест и формирование численности поколений мойвы и сайки.

Численность нарождающихся поколений рыб является функцией большого количества факторов. Среди абиотических ведущая роль принадлежит температуре воды, как наиболее изменчивому параметру, отражающему в себе основные гидродинамические процессы в водной толще.

Оптимальной для нереста мойвы является температура воды в интервале от 2 до 3 °С. В южной части репродуктивного ареала наступление температурного оптимума нереста близко к срокам сезонного минимума температуры воды (март - начало апреля).

Анализ данных о местах нереста за 1971-1984 гг. позволил установить, что наиболее регулярный нерест проходит у берегов п-ова Варангер. При общей устойчивости положения основных нерестилиц отмечаются заметные изменения их восточных и западных границ. Основной причиной являются межгодовые изменения температуры воды. Так, в период потепления в начале 70-х годов наблюдалось смещение районов нереста в восточном направлении, до-

стигшее максимума в 1975 г. Крупное похолодание, начавшееся в 1977 г., вызвало смещение нерестилиц к западу. Изменения показателя, условно названного "центральным меридианом нереста", тесно сопряжены с вариациями средней температуры воды в слое 0-200 м на разрезах "Кольский меридиан", "Нордкап-Медвежий" и "Широтный" в октябре-ноябре предшествующего года. Коэффициент корреляции между ними равен 0,76.

Окончание нереста связано с наступлением сезонного минимума температуры воды в прибрежной зоне. Коэффициент корреляции сроков наступления температурного минимума в слое 0-200 м на ст. I разреза "Кольский меридиан" и сроков окончания нереста равен 0,71.

Влияние изменений температуры воды сказывается и на распределении молоди. В начале 70-х ^{годов} сезоны мойвы распределялись преимущественно восточнее 25° в.д. При смене теплого периода на холодный в 1977-1978 гг. ареал распределения молоди был незначительным по площади. В дальнейшем отмечалось расширение районов распределения молоди и смещение их к западу.

Анализ динамики нерестового запаса и численности потомства в связи с изменениями температурных условий не выявил значимых связей. Низкий нерестовый запас мойвы отмечался как в условиях теплых лет, так и в холодные годы. Урожайные поколения мойвы появлялись как в периоды потеплений, так и при длительных похолоданиях.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что при крупномасштабных изменениях океанографических условий через потребность мойвы в оптимальных условиях обитания, проявляющуюся, в частности, в изменениях районов ее нереста и распределения молоди, регулируется численность нарождающихся поколений, а в

итоге определяется выживаемость вида при неблагоприятных воздействиях условий среды.

Специфика нереста у сайки и его условия существенно отличаются от таковых у мойвы. Нерест проходит на юго-востоке моря в мелководных районах, прилегающих к о-ву Колгуев. Вымет икры идет с ноября по март подо льдом при температуре воды минус 1,5 - минус 1,8 °С. Нерест в таких условиях благоприятен для развития икры. Низкая температура способствует отсутствию хищников, ледовый покров защищает икру от механического воздействия волнения, поскольку она крупная, нежная и легко деформирующаяся. Икра накапливается у нижней поверхности льда. Выклев личинок проходит в мае-июне в период активного разрушения льда. Хорошо развитое и продолжительное волнение в это время может приводить к повышению гибели икры в предвыклевном состоянии, а, возможно, и личинок в первые дни их жизни, поскольку они распределяются непосредственно у поверхности. Впоследствии в течение первых месяцев жизни личинки держатся в верхнем однородном слое над пикноклином. Так как сайка является ярко выраженной холодноводной рыбой, то повышения температуры верхнего однородного слоя до 6-9 °С в период развития личинок должны оказывать неблагоприятное воздействие на выживаемость последних.

Для проверки правильности этих положений проанализированы межгодовые изменения индекса численности молоди сайки в конце августа - начале сентября и океанографических условий в районах репродуктивного ареала в предшествующий период. Выявлены статистически значимые связи индекса численности молоди с ледовитостью в период массового нереста в январе-феврале ($r = 0,62$), числом дней с ветром более 10 м/с в июне, как косвенным показателем активности ветрового волнения в период выклева личинок, ($r = -0,63$)

и температурой воды на ГМС Северный Колгуев в июле ($r = -0,73$).

С использованием аппарата регрессионного анализа на материалах 1977-1988 гг. получено уравнение, связывающее все рассматриваемые показатели:

$$Y = 4,1 \cdot L - 21,6 \cdot T - 3,6 \cdot N + 20,5 ,$$

где Y - индекс численности молоди сайки;

L - средняя ледовитость в районах нереста в январе-феврале;

T - температура воды поверхностного слоя на ГМС Северный Колгуев в июле;

N - число дней со скоростью ветра более 10 м/с в юго-восточной части моря в июне.

Коэффициент множественной корреляции данного уравнения равен 0,8. Заблаговременность около 1 мес. Отношение S/σ равно 0,59. Оправдываемость на зависимом материале составила 83 %. Обеспеченность метода превышает природную более, чем на 18 %. Проверка на независимом материале 1989-1990 г. оказалась успешной. Расчетные значения индекса численности молоди составили 68 и 115, фактические равнялись 41 и 48. Допустимая погрешность равна 83 ед.

По мере поступления новых данных полученная зависимость будет уточняться.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы.

1. Проанализирована структура фронтальных зон Баренцева моря. Выявлены различия их проявления в полях температуры и солености в центральной и северной частях моря. Установлено, что термические фронтальные зоны проявляются во всей водной толще от поверхности до дна, халинные и плотностные - преимущественно в верхних слоях (до 50-100 м). Все фронтальные зоны Баренцева

моря имеют прерывистую горизонтальную структуру. Пространственное положение как термических, так и халинных фронтов, в значительной мере определяется особенностями донной топографии. Составлена климатическая схема фронтальных зон. Установлено, что мойва проводит около половины своего годового миграционного цикла в районах фронтальных зон. Наиболее тесная связь распределения ее скоплений с фронтами наблюдается в период зимовки и перед началом нерестовой миграции (в ноябре-феврале).

2. Межгодовые колебания теплового состояния вод оказывают значительное воздействие на характер сезонных миграций мойвы. При потеплениях миграции более протяженные, рыба достигает окраинных участках своего ареала на севере и северо-востоке моря. При похолоданиях ареал распределения сужается, миграции осуществляются преимущественно в северо-западную часть моря. Усовершенствована схема сезонных миграций мойвы.

3. Установлено, что межгодовые изменения характера распределения мойвы в период нагула определяются влиянием температуры воды и атмосферной циркуляции. Разработана схема прогноза положения северной границы нагульного ареала мойвы и вероятной зоны распределения ее промысловых концентраций на основе учета показателей океанографических условий.

4. Воспроизводство мойвы при неблагоприятных условиях среды регулируется через изменение положения нерестилищ и районов распределения молоди. Численность поколений сайки формируется под влиянием ледовитости в период нереста и инкубации икры, ветрового волнения при выклеве личинок и температуры воды в первые месяцы жизни. Получено уравнение множественной регрессии, позволяющее заблаговременно рассчитать индекс численности молоди сайки.

Основные научные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в следующих работах:

1. Ожигин В.К. Учет влияния абиотических факторов на распределение мойвы Баренцева моря в период нагула//Тез.докл. науч. - практ. конф. по методам промыслового прогнозирования. 26-28 октября 1983 г. - Мурманск, 1983. - С.32-33.

2. Ожигин В.К. О халинных фронтальных зонах Баренцева моря//Тез.докл. Всесоюз. семинара "Океанологические фронты северных морей: характеристики, методы исследований, модели". 6-10 февраля 1989 г. - М., 1989. - С.19-20.

3. Ожигин В.К. О фронтальных зонах Баренцева моря//Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна: Сб. науч. тр./ ПИНРО. - Мурманск, 1989. - С.89-103.

4. Ожигин В.К., Терещенко В.В. Термические фронтальные зоны Баренцева моря и особенности распределения скоплений промысловых рыб//Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна: Сб. науч. тр./ ПИНРО. - Мурманск, 1989. - С.104-117.

5. Ozhigin V.K., Luka G.I. Some peculiarities of capelin migrations depending on thermal conditions in the Barents Sea//The proceedings of the Soviet-Norwegian symposium on the Barents Sea capelin. 14-19 August 1984. -Bergen, 1985. -P.135-147.

6. Ozhigin V.K., Ushakov N.G. The effect of the thermal conditions of the sea and atmospheric circulation on the distribution of the Barents Sea capelin feeding areas//The proceedings of the Soviet-Norwegian symposium on the Barents Sea capelin. 14-19 August 1984. -Bergen, 1985. -P.149-156.

7. Borokin I.V., Ozhigin V.K., Shleinik V.N. Effect of oceanographical factors on the abundance of the Barents Sea polar

cod year classes//The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea: Proceedings of the third Soviet-Norwegian symposium. 26-28 May 1986. -Bergen, 1987. -P.169-180.

8. Ushakov N.G., Ozhigin V.K. The abundance of year classes of the Barents Sea capelin and peculiarities of the distribution of the young in relation to hydrographic conditions//The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea: Proceedings of the third Soviet-Norwegian symposium. 26-28 May 1986. -Bergen, 1987. -P.159-167.

B. Ozhigin