

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК 551.46:639.22(268.43)

Сентябов Евгений Валериевич

**МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ В НОРВЕЖСКОМ МОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ**

Специальность 25.00.28 – Океанология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук**

Санкт-Петербург

2009

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

Научный руководитель:

доктор географических наук,
профессор

Алексеев Генрих Васильевич

Научный консультант:

кандидат географических наук

Педченко Андрей Петрович

Официальные оппоненты:

доктор географических наук,
профессор

Малинин Валерий Николаевич

кандидат географических наук

Здоровеннов Роман Эдуардович

Ведущая организация:

Всероссийский научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)

Защита состоится « 29 » октября 2009 г. в 15 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д. 212.197.02 в Российском государственном гидрометеорологическом университете по адресу: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан « » сентября 2009 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,
кандидат географических наук



В.Н. Воробьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Норвежское море является одним из важнейших районов отечественного рыболовства, успешность которого определяется рядом абиотических параметров. Среди них решающую роль в формировании запасов и распределении промысловых рыб играют процессы взаимодействия океана и атмосферы, формирующих океанографический режим акватории.

Основным источником знаний о многолетних изменениях океанографического режима в Норвежском море являются данные, получаемые на стандартных разрезах. В настоящее время отечественные стандартные разрезы в Норвежском море являются наиболее репрезентативными, продолжительными по времени и охватывают наибольшую площадь изучаемого бассейна по сравнению с рядом зарубежных разрезов на данной акватории. Однако, несмотря на достаточную изученность, последние обобщающие работы по результатам отечественных океанографических исследований Норвежского моря были опубликованы более 15 лет назад (Шевченко, 1980; Стратификация термохалинных полей..., 1985; Закономерности крупномасштабных процессов..., 1994). В то же время именно в последние 15-20 лет, на рубеже XX и XXI веков, в Норвежском море происходили значительные изменения океанографических характеристик, достигавших как максимальных, так и минимальных значений за более чем полувековой период наблюдений. Это в значительной степени сказалось на условиях обитания и распределении промысловых рыб, в частности, таких важнейших пелагических объектов отечественного промысла, как путассу и скумбрия. В условиях квотирования промысла этих гидробионтов исследование влияния океанографических условий на их распределение является особенно **актуальным**, поскольку полученные результаты необходимы для прогнозирования состояния сырьевой базы и условий промысла в целях оптимизации деятельности рыбодобывающего флота в основных промысловых районах, доступных для отечественных судов и приуроченных к рыболовным зонам прибрежных государств.

Целью работы является выявление закономерностей пространственного распределения и особенностей межгодовой изменчивости термохалинных условий в южной части Норвежского моря за период с 1951 по 2008 г., а также оценка их влияния на распределение пелагических рыб.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

– создать информационный массив на основе систематизации и обобщения всех имеющихся океанографических данных, полученных на отечественных стандартных разрезах в южной части моря;

– на основе расчетов среднемноголетних значений и статистических характеристик температуры и солености на стандартных разрезах выявить закономерности распределения и межгодовые изменения термохалинных условий вод Норвежского, Восточно-Исландского течений и смешанных вод, а также изменчивость положения и обостренности фронтальных зон между этими водами;

- оценить сопряженность изменений температуры и солености в атлантических, восточно-исландских и смешанных водах Норвежского моря;
- изучить влияние гидрометеорологических факторов на изменение температуры воды на стандартных разрезах Норвежского моря;
- исследовать влияние теплового состояния вод на изменение сроков и направлений нагульных миграций пелагических рыб Норвежского моря и показать возможность использования этих факторов для прогнозирования сроков появления и распределения скоплений путассу и скумбрии в промысловых районах Норвежского моря.

Научная новизна. Впервые систематизированы все доступные океанографические материалы на стандартных разрезах южной части Норвежского моря в летний период с 1951 по 2008 г., которые на сегодня являются самыми продолжительными в регионе и охватывают наибольшую площадь изучаемого бассейна. За более чем 50-летний период **впервые** рассчитаны среднегодовые значения и основные статистические характеристики температуры и солености на каждом стандартном горизонте каждой станции стандартных разрезов, на основе анализа которых выделены ядра водных масс, переносимых основными течениями Норвежского моря.

Впервые определены численные характеристики межгодовой изменчивости положения участков фронтальных зон между атлантическими, восточно-исландскими и смешанными водами в южной части Норвежского моря и величины горизонтальных градиентов температуры в них.

На многолетнем материале выявлена тесная сопряженность изменений термохалинных характеристик вод Норвежского, Восточно-Исландского течений и смешанных вод, **впервые** показана положительная статистически значимая связь между изменениями температуры и солености вод атлантического и арктического происхождения.

Разработана статистическая модель прогноза июньской температуры воды на разрезах Норвежского моря с заблаговременностью 2–3 месяца.

Выявлен механизм влияния термических условий на характер миграций пелагических рыб и на его основе **впервые** разработана методика прогнозирования сроков появления и распределения путассу и скумбрии в основных промысловых районах Норвежского моря с заблаговременностью от 2 до 4 месяцев.

Теоретическая и практическая значимость. Выполненное автором обобщение данных наблюдений в Норвежском море за более чем полувековой период, включающий последние два десятилетия, и характеризующийся значительными аномалиями температуры и солености воды, вносит существенный вклад в современные представления о климатических изменениях в изучаемом регионе. Результаты исследований, представленные в диссертации и отраженные в отечественных и зарубежных публикациях, цитируются, а реализованные в диссертации подходы используются в работах исследователей в области промысловой океанографии.

Рассчитанные среднегодовые значения температуры и солености вод

Норвежского, Восточно-Исландского течений и смешанных вод Норвежского моря, их аномалии в каждом конкретном году, а также выявленные на этой основе особенности пространственно-временной изменчивости термохалинного режима вод используются специалистами Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО) для решения задач в области промысловой океанографии. Разработанная в процессе исследований методика прогнозирования сроков появления и распределения путассу и скумбрии в основных промысловых районах Норвежского моря успешно применяется в практике рыбопромыслового прогнозирования ПИНРО.

Положения, выносимые на защиту.

1. Закономерности пространственно-временных изменений термохалинного состояния вод на стандартных разрезах южной части Норвежского моря по данным наблюдений с 1951 по 2008 г.

2. Статистическая модель прогноза температуры воды на стандартных разрезах южной части Норвежского моря.

3. Механизм влияния термических условий на характер миграций пелагических рыб и разработанная на его основе методика прогнозирования сроков появления и распределения путассу и скумбрии в основных промысловых районах Норвежского моря.

Личный вклад автора. Основные результаты, представленные в диссертации, получены автором самостоятельно. Автор принимал участие в планировании и проведении океанографических работ в научно-исследовательских экспедициях ПИНРО и других научных организаций в Норвежском море в период с 1997 по 2008 г., в систематизации и обобщении многолетних (с 1951 по 2008 г.) данных по температуре и солености на стандартных разрезах Норвежского моря.

При непосредственном участии автора разработана методика прогнозирования распределения и сроков появления путассу и скумбрии в основных промысловых районах Норвежского моря.

В работах, выполненных в соавторстве, вклад автора заключался в постановке задач, обобщении, анализе и интерпретации полученных результатов на основе океанографических данных.

Апробация работы. Основные результаты исследований, обобщенные в диссертации, представлялись на конференциях молодых ученых ПИНРО (Мурманск, 2001), ТИНРО (Владивосток, 1999), на отчетных сессиях ПИНРО (2000; 2003), были доложены и обсуждены на 10, 11, 13 и 14 Международных конференциях по промысловой океанологии (Санкт-Петербург, 1997; Калининград, 1999; 2005; 2008), на 6–9 Всероссийских конференциях по проблемам промыслового прогнозирования (Мурманск, 1995; 1998; 2001 и 2004), на 8 и 9 региональных конференциях «Комплексное изучение бассейна Атлантического океана» (Калининград, 1997; 1999), на ежегодной научной конференции ИКЕС (Копенгаген, 2000) и международном симпозиуме ИКЕС «Гидробиологическая изменчивость в районах ИКЕС в 1990–1999 гг.» (Эдинбург, Великобритания, 2001).

Публикации. Результаты исследований, проведенных автором по теме диссертационной работы, отражены в 23 печатных работах, в том числе в 10 статьях (3 из них – статьи в рецензируемых журналах) и 13 тезисах докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных источников. Объем работы составляет 171 страницу, она содержит 38 рисунков и 30 таблиц. Список литературы содержит 148 наименований, из которых – 35 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель, задачи исследования и положения, выносимые на защиту.

В главе «Общая характеристика района исследований» приведены общие сведения о районе Норвежского моря: физико-географические особенности, характеристика водных масс и фронтальных зон, их разделяющих, описана схема поверхностных течений. Представлены сведения об особенностях атмосферной циркуляции, пространственно-временной изменчивости ветрового режима и температуры воздуха.

В историческом обзоре кратко представлены основные этапы развития океанографических наблюдений и результаты промыслово-океанографических исследований в Норвежском море. Показано, что наибольшее внимание изучению океанографических условий Норвежского моря в ПИНРО было уделено в 60–70-х годах XX в. В 80-х годах XX в. всестороннее изучение закономерностей и особенностей океанографических условий в данном регионе проводилось учеными ААНИИ. Большое внимание изучению Норвежского моря уделялось и продолжает уделяться в настоящее время учеными Норвегии, Великобритании, Исландии, Фарерских островов и других стран. К сожалению, в последние 10 лет российские исследования в Норвежском море проводятся со значительными перерывами.

В разделе, посвященном описанию основных объектов промысла в Норвежском море, дана краткая характеристика миграций путассу и скумбрии, а также условий и районов промысла этих пелагических рыб, который ведется на акватории моря с начала 80-х годов XX в.

В главе «Материалы и методы» представлены сведения об использованных в диссертационной работе океанографических, метеорологических и промысловых данных; рассмотрены методы, используемые для обработки и анализа океанографической и промысловой информации.

С середины 50-х годов XX в. и по настоящее время основным методом натурных исследований ПИНРО в Норвежском море являются ежегодные июньские съемки, позволяющие в течение 3–4 недель получить полную картину распределения океанографических параметров на стандартных разрезах. В работе использованы данные по температуре и солености воды, собранные на четырех наиболее час-

то выполняемых разрезах в южной части Норвежского моря в период июньских съемок: 2С (через Фареро-Шетландский канал), 5С (вдоль 63°00' с.ш.), 6С (вдоль 65°45' с.ш.) и 7С (вдоль 67°30' с.ш.). В качестве дополнительной информации (в основном для оценки термохалинного состояния вод Восточно-Исландского течения (ВИТ)) привлекались данные стандартных разрезов 4С (между м. Ланганес о-ва Исландия и о-вом Ян-Майен) и «Крючок» (расположенного к северо-востоку от Фарерских о-вов). На рис. 1 представлено положение стандартных разрезов с выделением групп станций, температура и соленость на которых относятся к тем или иным водным массам, согласно схеме течений по А.П. Алексееву и Б.В. Истошину (1956; 1962).

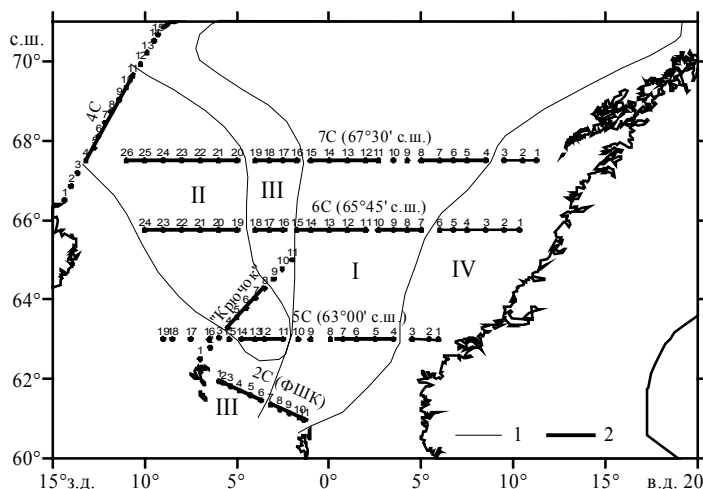


Рис. 1. Положение стандартных разрезов и океанографических станций в южной части Норвежского моря, в пределах распространения водных масс: I – атлантической; II – восточно-исландской; III – смешанной; IV – прибрежной; 1 – условные границы распространения водных масс, 2 – участки разрезов, данные по которым использованы в работе

Всего в июньских съемках с 1951 по 2008 г. на указанных разрезах было выполнено более 4,5 тыс. океанографических станций. Количество станций, выполненных на стандартных разрезах в различные годы неодинаково (рис. 2), так как в отдельные годы не было возможности выполнить те или иные станции разрезов, находящихся в пределах экономических зон прибрежных государств.

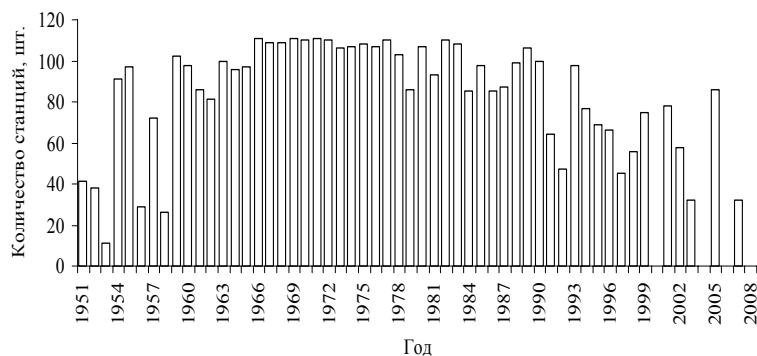


Рис. 2. Количество океанографических станций, выполненных на стандартных разрезах в южной части Норвежского моря в июньских съемках 1951–2008 гг.

Для анализа изменений термохалинных условий Норвежского моря использовались средневзвешенные значения температуры и солености воды на стандартных разрезах в слоях 0–50, 0–200 и 200–500 м, вычисляемые методом Н.Н. Зубова

(1938). Среднегодовое значения были рассчитаны для июня за весь период наблюдений. Изменение термического и халинного состояния вод оценивалось по отклонениям фактических величин от среднегодовых.

Дополнительно были использованы данные о среднемесячной температуре поверхности океана (ТПО) в узлах 2-градусной сетки с сайта Национального климатического центра данных США (NCDC NOAA), полученные с использованием спутниковой информации и в результате реанализа за период с 1951 по 2008 г. Анализ изменчивости температуры воздуха, поверхности воды и атмосферного давления выполнялся по данным многолетних (1951–2008 гг.) наблюдений в районе судна погоды «М» (66° с.ш., 2° в.д.), а также на гидрометеорологических станциях, расположенных на островах и побережье Норвежского моря и Северо-Восточной Атлантики.

Помимо океанографических данных в работе использована промыслово-биологическая информация, собранная в научно-исследовательских рейсах ПИПРО и на отечественных промысловых судах, включающая в себя даты появления и характер распределения путассу и скумбрии в различных промысловых районах.

Для выполнения всех поставленных задач использовался комплекс методов многомерного статистического анализа: корреляционный, кластерный анализ, множественная линейная регрессия, а также анализ временных рядов. Расчеты велись с применением современных пакетов программ Statistica 6, Statgraphics for Windows, Excel, Surfer 8. Для выявления внутренней структуры межгодовых колебаний температуры и солености различных водных масс использовался программный комплекс «Призма», разработанный в РГГМУ.

Основные статистические показатели точности прогностических уравнений, оценки оправдываемости и эффективности этих уравнений рассчитывались согласно «Инструкции по оценке качества методов и оправдываемости морских гидрологических прогнозов» (1965).

В главе «Пространственно-временные изменения океанографических условий в южной части Норвежского моря» исследованы закономерности распределения и пространственно-временная изменчивость температуры и солености вод основных течений и положения фронтальных зон в южной части Норвежского моря в наиболее обеспеченный наблюдениями период июньских съемок.

Автором систематизированы и обобщены все доступные материалы по температуре и солености воды на стандартных разрезах в южной части Норвежского моря в период июньских съемок с 1951 по 2008 г. На основе собранных данных рассчитаны среднегодовые значения и основные статистические характеристики для температуры и солености воды по каждой станции и каждому стандартному горизонту разрезов. Представлено вертикальное распределение среднегодовых температуры и солености и стандартных отклонений в плоскости разрезов 2С, 4С, 5С, 6С, 7С и «Крючок», на основе анализа которых выделены ядра основных водных масс. Результаты проведенных исследований подтверждены результатами кластерного анализа, входящими параметрами для которого послужили сред-

немноголетние значения и стандартные отклонения температуры и солености на стандартных горизонтах каждой станции разрезов.

Сравнение среднемноголетнего пространственного положения ядер атлантической, восточно-исландской и смешанной водных масс с границами основных течений Норвежского моря и их ветвей, рассчитанных А.П. Алексеевым и Б.В. Истошиным (1956, 1962; 1973), показало, что выделенные автором ядра водных масс в большинстве случаев отмечались в пределах указанных границ.

За более чем 50-летний период для каждого года рассчитаны средневзвешенные значения температуры и солености вод в слоях 0–50, 0–200 и 200–500 м. В южной части Норвежского моря атлантические воды распространяются до глубины не более 200 м, поэтому средневзвешенные значения температуры и солености в слое 0–200 м наиболее полно отображают изменчивость термохалинного состояния этих вод в данном районе. Осредненные же значения температуры и солености в более глубоком слое (200–500 м) характеризуют состояние промежуточных вод Норвежского моря, подстилающих атлантические воды. Для характеристики восточно-исландских и смешанных вод, учитывая их распространение как в верхних, так и в промежуточных слоях, использованы средневзвешенные значения в слоях 0–50, 0–200 и 200–500 м.

Сравнение среднемноголетних средневзвешенных термохалинных характеристик вод Норвежского и Восточно-Исландского течений, рассчитанных автором для периода 1951–2008 гг. в пределах границ течений, с опубликованными ранее материалами других исследователей (Берникова, 1968; Meincke, 1978, Карандашева, 1988; Структура и изменчивость..., 1989; Hansen et al., 1998), изучавших соответствующие водные массы, показало весьма незначительные расхождения. Статистические показатели рядов температуры и солености (среднеарифметические значения и стандартные отклонения), рассчитанные с учетом последних 20 лет, значительно не изменились, что говорит о стабильности термохалинных условий вод Норвежского и Восточно-Исландского течений в многолетнем плане.

В ходе исследований автором установлено, что с продвижением атлантических вод от Фареро-Шетландского канала (ФШК) на север по мере выхолаживания в результате взаимодействия с атмосферой и более холодной водой (преимущественно субарктического происхождения) температура этих вод в верхнем 50-метровом слое понижается от 9,4 °С на разрезе 2С до 7,8 °С на разрезе 7С, а в слое 0–200 м – соответственно от 8,7 до 6,5 °С. Амплитуда межгодовых колебаний близка на всех разрезах южной части моря и составляет в слое 0–50 м от 2,0 до 2,4 °С, а в слое 0–200 м уменьшается до 1,7–1,9 °С. Максимальная соленость атлантических вод (35,32) отмечается в ФШК, минимальная (35,10) – на разрезе 6С. Межгодовая амплитуда солености вод Норвежского течения в различных частях моря изменяется от 0,2 (на разрезе 2С) до 0,4 (на разрезе 5С).

Как известно, севернее 64° с.ш. Норвежское течение разделяется на Восточную и Западную ветви (Алексеев, Истошин, 1956; 1962; Колесников, 1967; Карандашева, 1988). Для оценки вклада изменений температуры и солености вод каждой

из ветвей в общую изменчивость этих параметров для вод Норвежского течения был проведен корреляционный анализ описанных характеристик на разрезах 6С и 7С. Выявлено, что теснота связи этих параметров для Западной ветви выше, чем для Восточной – коэффициенты корреляции составили около 0,9 и 0,6–0,8 соответственно. Вероятно, на изменение температуры и солёности вод Восточной ветви оказывают влияние береговой сток и опресненное Норвежское Прибрежное течение. Западная же ветвь переносит относительно «чистую» атлантическую воду, отделяемую с запада от смешанных и восточно-исландских вод обостренной фронтальной зоной.

Результаты анализа распределения термохалинных характеристик вод ВИТ показали заглубление его ядра, а также повышение температуры и солёности в этом ядре по направлению к юго-востоку от района формирования течения, расположенного к северо-востоку от Исландии. Так, на разрезе 4С (см. рис. 1) температура и солёность в ядре ВИТ в слое 50–200 м составляют ниже $-0,5$ °С и менее 34,85 соответственно. Ширина потока вод с отрицательной температурой достигает 140 морских миль. На южном участке течения на (по данным разрезов «Крючок» и 5С) восточно-исландские воды с температурой ниже $4,0$ °С и солёностью менее 35,0 распространяются в слое 100–400 м потоком шириной около 60 миль. Наибольшая изменчивость температуры и солёности в южной части моря (выраженная в более чем трехкратном увеличении значений стандартных отклонений по сравнению с северными участками), отмечается в слое 0–200 м на разрезе 5С. Подобная ситуация является результатом неустойчивости положения ВИТ, смещающегося к востоку и западу от своего климатического положения с амплитудой около 120 морских миль под влиянием изменяющегося объема теплых атлантических вод, поступающих через Фареро-Исландский пролив.

Результаты исследования термохалинных характеристик смешанных вод центральной части Норвежского моря, образующихся в результате взаимодействия вод Норвежского и Восточно-Исландского течений, показали однородность вертикального и горизонтального распределения их температуры и солёности в верхнем 200-метровом слое.

Исследование межгодовой изменчивости теплового состояния вод Норвежского течения на разрезах выявило периоды повышения температуры от аномально низких до аномально высоких значений с последующим понижением. Длительность этих периодов составила около 10–12 лет. Вклад линейного тренда в изменчивость температуры не превышает 4–7 %. Спектральный анализ позволил выделить ряд энергонесущих частот, превышающих уровень «красного шума», с периодами 3–4, 7–9 и 15 лет, общий вклад которых в изменчивость температуры вод Норвежского течения составил для разных разрезов от 65 до 75 %.

Для температуры восточно-исландских и смешанных вод периоды смены тенденций от теплых к холодным периодам в целом схожи, однако не одинаковы по времени: от 11–13 лет в 50–60-е и 90-е годы до 7–8 лет в 70-е и 80-е годы XX в. Спектральный анализ температуры смешанных вод выявил основные энергонесу-

щие частоты, соответствующие периодам около 3–4, 7 и 11 лет.

Наиболее характерной особенностью межгодового изменения солености вод Норвежского моря является наличие ярко выраженного минимума конца 70-х гг., отмечаемого по всей Атлантике – Великой соленостной аномалии (ВСА) (Dickson et al., 1984), а также соленостных аномалий конца 80-х и середины 90-х гг. XX в. Вследствие этого отрицательный линейный тренд для различных разрезов описывает от 30 до 45 % изменчивости солености. Основные энергонесущие частоты соответствуют периодам 2–3 и 7–9 лет. При сравнении осредненных значений солености до ВСА и в последующий период выявлено, что соленость атлантических вод в слое 0–200 м в среднем понизилась на 0,06, смешанных – на 0,08, восточно-исландских – на 0,04. Дисперсия солености от периода к периоду не изменилась.

На материалах 1951–2008 гг. автором выявлена статистически значимая (при доверительной вероятности 95 %) связь температуры атлантических и восточно-исландских вод ($r = 0,55–0,59$ при $n = 37–44$), атлантических и смешанных вод ($r = 0,56–0,68$, $n = 44–48$). Связь солености указанных вод еще теснее ($r = 0,62–0,73$, $n = 37–48$). Это может свидетельствовать в пользу единства процессов, протекающих в водах различного происхождения на акватории Норвежского моря.

В отличие от выводов, сделанных в 60–70-е годы XX в., об отсутствии сопряженности между температурой и соленостью вод Норвежского моря (Алексеев, Истошин, 1970), автором на материале 50-ти лет показана положительная статистически значимая (при доверительной вероятности 95 %) связь между этими характеристиками в южной части моря – в водах как атлантического, так и арктического происхождения. При этом коэффициенты корреляции увеличиваются с глубиной (рис. 3).

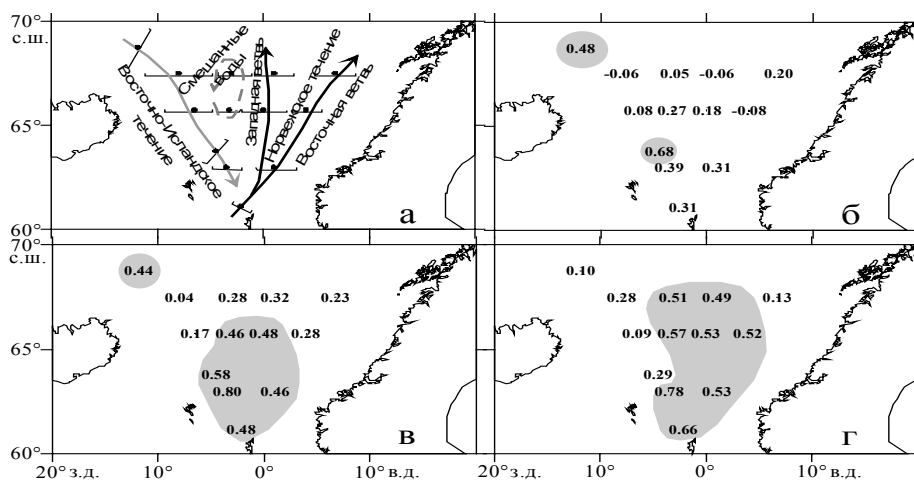


Рис. 3. Распределение коэффициентов корреляции между температурой и соленостью за период с 1951 по 2008 г. на участках разрезов (а), соответствующих ветвям течений, согласно схеме А.П. Алексеева и Б.В. Истошина (1956), в слое 0–50 (б), 0–200 (в) и 200–500 м (г). В затемненных областях показаны значимые коэффициенты при уровне значимости $p < 0,01$

Наибольший вклад в относительно тесную связь между температурой и соленостью вод, отмеченную на многолетних рядах, внес последний 30-летний период с пониженной соленостью. В слое 0–200 м для атлантических и смешанных вод коэффициенты корреляции между температурой и соленостью в этот период варьировали от 0,51 до 0,58 ($n = 25–28$, $p < 0,01$), для восточно-исландских вод на юге моря – от 0,60 до 0,88 ($n = 20–25$, $p < 0,01$).

Помимо изучения изменчивости термохалинных характеристик в диссертационной работе выполнен анализ изменчивости положения фронтальных зон, разделяющих водные массы различного происхождения. В отличие от крайнего южного участка полярного фронта, проходящего в широтном направлении к северу от Фарерских о-вов и наиболее стабильного во времени и пространстве, меридионально ориентированные фронтальные зоны между атлантическими, смешанными и восточно-исландскими водами на участке от 63 до 68° с.ш. характеризуются значительной межгодовой изменчивостью положения и величины горизонтального градиента температуры.

Ранее для анализа фронтальных зон исследователями использовались различные методы: метод графического наложения пространственного положения фронтальных зон в определенные периоды времени и сравнение со среднемноголетним положением (Johannessen, 1986; Кораблев, 1987; Исследование южной части..., 1989; Закономерности крупномасштабных процессов..., 1994); метод вычисления интегральных характеристик фронтальных зон, отождествляемых со второй главной компонентой разложения поля температуры на естественные ортогональные составляющие (Шевченко, 1980; 1984).

Автор работы выделял участки фронтальных зон по максимальным значениям горизонтальных градиентов температуры воды между соседними станциями на каждом разрезе в слое 0–200 м. В результате были выявлены следующие участки термических фронтальных зон:

- на разрезе 5С – на западной границе потока атлантических вод (**Нт5**), на восточной границе ВИТ (**ВИТ5**) и между холодным ВИТ и теплым Фарерским течением (**Ф**);

- на разрезе 6С – между водами Восточной и Западной ветвей Норвежского течения (**Нт6**), между водами Западной ветви и смешанными водами (**См6**) и между смешанными водами и ВИТ (**ВИТ6**);

- на разрезе 7С – между водами Восточной и Западной ветвей Норвежского течения (**Нт7**), между водами Западной ветви и смешанными водами (**См7**), между смешанными и восточно-исландскими водами (**ВИТ7**).

Межгодовые изменения положений участков этих фронтальных зон на разрезах представлены на рисунке 4.

Наибольшая пространственная изменчивость положения фронтальной зоны отмечалась на разрезе 6С между атлантическими и смешанными водами – амплитуда 6°50' (315 км), $\sigma = 65$ км. На разрезе 7С межгодовая амплитуда положения фронтальной зоны на восточной границе ВИТ не превышала 2° долготы (93 км),

$\sigma = 22$ км. На разрезе 5С амплитуда изменчивости положения фронтальных зон составляла около 4° по долготе (185 км), σ составляла от 45 до 55 км. Наибольшие средние горизонтальные градиенты температуры ($0,06\text{--}0,07^\circ\text{C}/\text{км}$) отмечались на участках фронтальных зон **Нт5** и **ВИТ5**, на остальных участках средний градиент температуры в слое 0–200 м составил около $0,04^\circ\text{C}/\text{км}$.

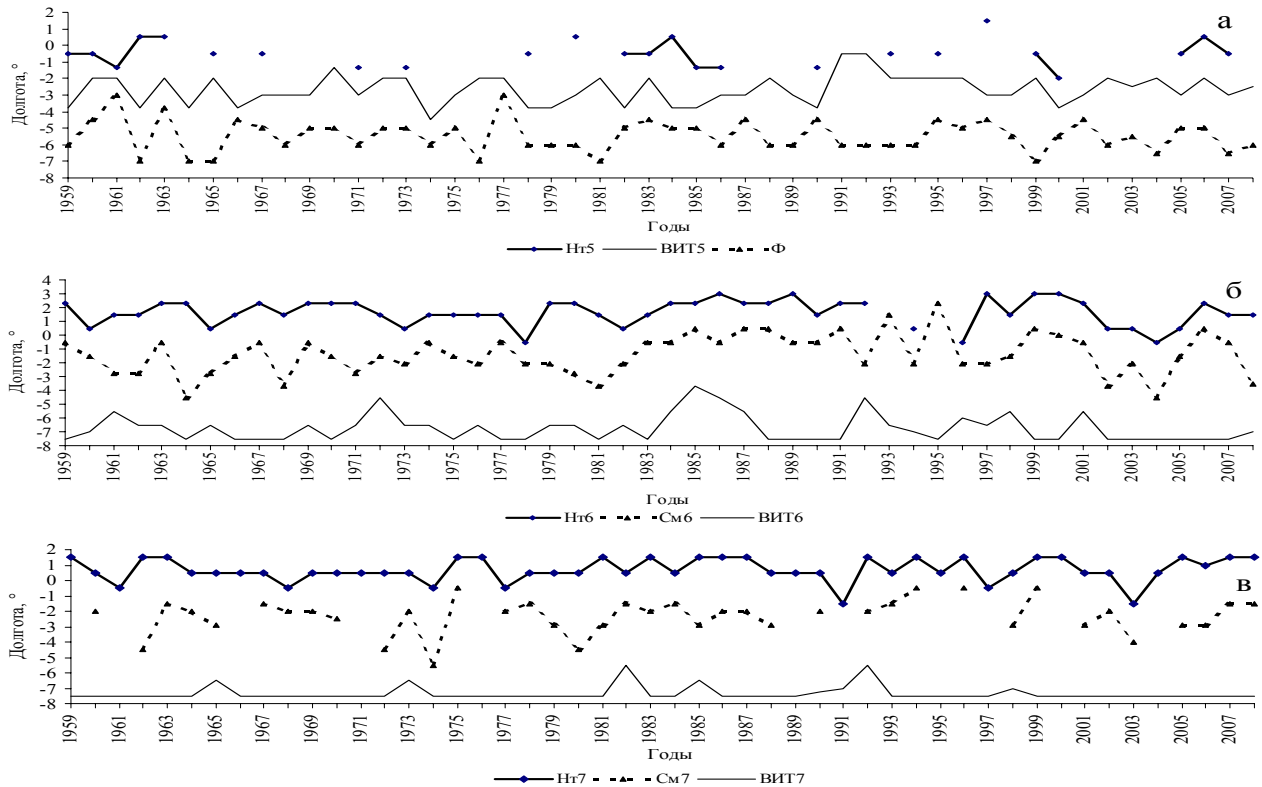


Рис. 4. Межгодовые изменения положения участков фронтальных зон на разрезах Норвежского моря 5С (а), 6С (б) и 7С (в). Расшифровка условных обозначений – в тексте

Статистически значимой связи между положением вышеперечисленных участков фронтальных зон с тепловым состоянием вод ветвей течений, разделяемых этими зонами, не выявлено. Максимальные коэффициенты корреляции не превышали 0,3 при длине ряда 40 лет. Также отсутствовала статистически значимая связь между положением участков фронтальных зон на различных разрезах, что подтверждает выводы о большой изменчивости фронтальных зон в пространстве (Федоров, 1978; 1983) и невозможности описания этой изменчивости какой-либо обобщенной характеристикой, например, компонентой разложения поля температуры на ортогональные составляющие (Шевченко 1980; 1984).

В работе рассмотрены гидрометеорологические факторы, с различной заблаговременностью влияющие на изменение температуры верхнего 200-метрового слоя вод Норвежского моря различного происхождения. В качестве параметров,

характеризующих эти факторы, были использованы значения ТПО в узлах регулярной 2-градусной сетки на акватории Северной Атлантики и в районе станции погоды «М», температура приводного слоя атмосферы и атмосферное давление на уровне моря на станциях, расположенных на побережье Норвежского моря и Северо-Восточной Атлантики. Статистически достоверной связи июньской температуры воды в Норвежском море с показателями, характеризующими направление и интенсивность воздушных переносов, выраженных через перепады атмосферного давления между этими станциями в течение первой половины года, не выявлено.

На материалах 1951–2008 гг. установлена статистически значимая связь июньской температуры атлантических вод в слое 0–200 м на разрезах 6С и 7С с ТПО в районе станции погоды «М» в феврале-апреле ($r = 0,52-0,70$, $n = 45-47$, $p < 0,01$). ТПО в эти же месяцы в узлах регулярной сетки на акватории Норвежского моря и Северо-Восточной Атлантики, объединенная в информативные области (локализованные преимущественно в зоне действия Континентального Склонового течения западнее Британских о-вов и в районах расположения разрезов), описывает от 50 до 75 % дисперсии июньской температуры атлантических вод в слое 0–200 м на разрезах 2С–7С.

Изменения температуры вод Норвежского течения в южной части моря (разрезы 2С–5С) статистически достоверно ($r = 0,53-0,58$, $n = 42-45$, $p < 0,01$) зависят от температуры воздуха в сентябре предшествующего года на станциях, расположенных на Шетландских о-вах (Леруик) и севере Шотландии (Сторнуэй). Для более северных разрезов (6С и 7С) выявлена статистически значимая связь ($r = 0,55-0,62$, $n = 45-47$, $p < 0,01$) температуры воды с температурой воздуха на тех же станциях, а также на станции Хорнафирди (восток Исландии) в январе. При анализе связи июньской температуры вод ВИТ с температурой воздуха на станциях, расположенных на юге и западе Норвежского моря, а также на о-ве Ян-Майен в северной части акватории, отмечена особенность, заключающаяся в том, что чем севернее расположены разрезы, тем временной лаг асинхронной связи больше. Так, для температуры воды на разрезе 5С значимая связь с температурой воздуха на описанных станциях наблюдается в мае, на разрезе 6С – в марте, а на разрезе 7С – в январе.

Таким образом, установлена асинхронная статистически значимая связь июньской температуры воды на разрезах с температурой воздуха и ТПО в информативных зонах в предшествующий зимне-весенний период. Совместный вклад указанных предикторов в общую дисперсию температуры воды на разрезах Норвежского моря варьировал от 57 до 93 %. Методическая оправдываемость моделей, основанных на учете вышеизложенных факторов, для расчета температуры атлантических вод в слое 0–200 м на различных разрезах составила от 80 до 96 %.

В главе «Влияние термических условий на изменение миграций пелагических рыб в Норвежском море» выполнена оценка влияния температуры воды и положения фронтальных зон на распределение и сроки появления пелагических рыб Норвежского моря (путассу и скумбрии) в основных промысловых районах, приуроченных к рыболовным зонам прибрежных государств.

Получены численные критерии связи направления летних нагульных миграций путассу в Норвежском море с положением участков фронтальных зон (см. рис. 4) и горизонтальными градиентами температуры в них. Так, восточное направление миграций отмечается при положении участка **Нт5** фронтальной зоны на разрезе 5С восточнее нулевого меридиана, а также, если участок **Нт6** на разрезе 6С проходит восточнее $2^{\circ}30'$ в.д. Миграция рыбы по западному пути отмечается, если участок **Ф** на разрезе 5С проходит западнее 6° з.д. либо участок **См6** на разрезе 6С проходит западнее 2° з.д. Скопления путассу рассеяны, либо сосредоточены в южных районах открытой части Норвежского моря (ОЧНМ), если горизонтальный градиент температуры на разрезе 5С на участке **ВИТ5** между соседними станциями будет меньше $0,06^{\circ}\text{C}/\text{км}$, а градиент на участке **ВИТ6** на разрезе 6С не превышает $0,04^{\circ}\text{C}/\text{км}$.

На основе анализа многолетних изменений температуры вод Западной ветви Норвежского течения и смешанных вод автором выявлены условия, благоприятные для формирования устойчивых промысловых скоплений путассу в рыболовной зоне о-ва Ян-Майен. Такие условия складываются в годы западного пути возвратных миграций рыбы при повышенном теплосодержании в летний период смешанных вод в южной части и вод Западной ветви на севере Норвежского моря. Полученные результаты использованы в рекомендациях ПИНРО рыбодобывающим организациям, которые ведут промысел путассу в этом районе, в летний и осенний периоды в целях более полной реализации отечественной квоты в экономической зоне Норвегии (НЭЗ).

В период осенне-зимней конвекции поверхностная температура может объективно отражать тепловое состояние однородного слоя, распространяющегося в Северо-Европейском бассейне до глубин 200–400 м, т.е. слоя обитания путассу. В результате статистического анализа связи ТПО в Северной Атлантике и Норвежском море со сроками появления нагульной путассу в рыболовной зоне Фарерских о-вов (ФРЗ), НЭЗ и ОЧНМ, выделены информативные зоны, в которых тепловое состояние поверхностных вод в осенне-зимний период предшествующего года влияет на формирование особенностей весенне-летнего распределения рыбы. В целом эти зоны локализованы в области распространения Северо-Атлантического течения (САТ) в Северо-Восточной Атлантике, в водах Восточно-Исландского и Норвежского течений, а также в районе их взаимодействия в южной части Норвежского моря (рис. 5).

Так, тепловое состояние поверхностных вод в районе полярного фронта в южной части Норвежского моря в октябре – декабре в период возвратных миграций путассу формирует около 70 % изменчивости сроков последующего появления посленерестовой рыбы в ФРЗ и НЭЗ в весенний период. Температура вод САТ в осенне-зимний период описывает от 65 до 70 % дисперсии рассматриваемых показателей. Отрицательная связь сроков появления путассу в ФРЗ и ТПО в области распространения САТ (см. рис. 5а) объясняется тем, что повышенный уровень тепла атлантических вод ведет к более раннему нересту на банках к западу от Британ-

ских о-вов и, соответственно, раннему началу миграции путассу в Норвежское море. Этому же способствуют холодные зимы на юге моря, приводящие к обострению полярного фронта между водами Норвежского течения и ВИТ, что впоследствии создает термические и кормовые условия для формирования здесь устойчивых плотных скоплений нагуливающейся путассу.

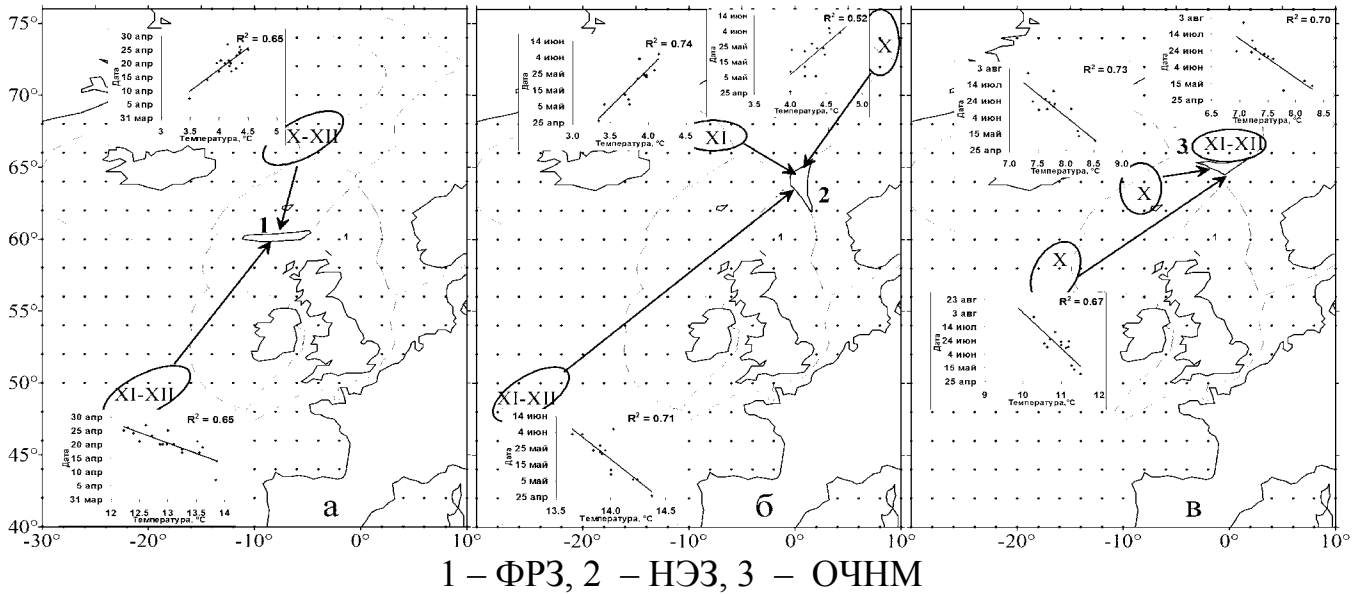


Рис. 5. Положение информативных зон, значения ТПО в которых использованы в расчетах сроков появления путассу в ФРЗ (а), НЭЗ (б) и ОЧНМ (в). Точками показаны узлы 2-градусной сетки. В информативных зонах указаны месяцы выбора ТПО. На врезках представлены графики, характеризующие статистическую связь между температурой и сроками появления путассу

Механизм влияния термических условий в потоке САТ в зоне полярного фронта на сроки появления путассу в НЭЗ аналогичен таковому для ФРЗ (см. рис. 5б). Кроме этого, в изменчивость сроков появления путассу в НЭЗ также некоторый вклад (около 50 %) вносит тепловое состояние вод Западной ветви Норвежского течения на путях возвратных миграций рыбы в осенний период. Повышенное тепловое состояние атлантических вод САТ, Фарерского и Норвежского течений в предшествующий осенне-зимний период способствует более ранним выходам путассу в ОЧНМ в весенние месяцы (см. рис. 5в).

На основе выявленных зависимостей были рассчитаны линейные регрессионные уравнения, включающие значения ТПО в информативных зонах. В частности для расчета даты начала первого появления путассу в ФРЗ ($Y1$), НЭЗ ($Y2$) и ОЧНМ ($Y3$) уравнения имеют вид:

$$Y1 = 262,77 - 3,44 * N_{САТ} - 3,83 * D_{ПФ} - 13,06 * D_{ПФ}, \quad (1)$$

$$Y2=832,44-62,62N_{CAT}+2,56D_{CAT}-42,83N_{ПФ}-0,62O_{ЗВН} \quad (2)$$

$$Y3=369,73-24,4O_{CAT}+21,25O_{ФТ}-68,68N_{НТ}+58,69D_{НТ} \quad (3)$$

где O , N и D – месяц выбора значений ТПО (соответственно октябрь, ноябрь и декабрь), а нижние индексы указывают на положение информативных зон, описанных в тексте и показанных на рисунке 5:

CAT – область распространения вод Северо-Атлантического течения;

$ПФ$ – зона Полярного фронта в Норвежском море;

$ЗВН$ – район распространения вод Западной ветви Норвежского течения;

$ФТ$ – область Фарерского течения;

$НТ$ – область распространения вод Норвежского течения в открытой части Норвежского моря.

На зависимом материале 1982–2000 гг. множественный коэффициент детерминации (R^2) моделей для прогноза сроков появления путассу в ФРЗ составил 0,80, в НЭЗ и ОЧНМ – 0,82. Методическая оправдываемость моделей прогноза сроков появления путассу в ФРЗ, НЭЗ и ОЧНМ составила соответственно 88, 86 и 92 %, а эффективность методов по сравнению с климатическими прогнозами превысила 25 % (табл. 1). Проверка этих моделей на независимых материалах 2001–2008 гг. показала, что прогнозы даты первого появления нагульной путассу в ФРЗ оправдались на 75 %, в ОЧНМ – на 88 %. В НЭЗ после 1995 г. отечественный флот ведет промысел путассу крайне нерегулярно. Однако в годы ведения промысла в этом районе прогноз сроков появления нагульной путассу в НЭЗ полностью оправдывался.

Таблица 1 – Основные показатели точности, методической оправдываемости и эффективности моделей для прогноза сроков появления нагульной путассу в ФРЗ, НЭЗ и ОЧНМ за период с 1982 по 2000 г.

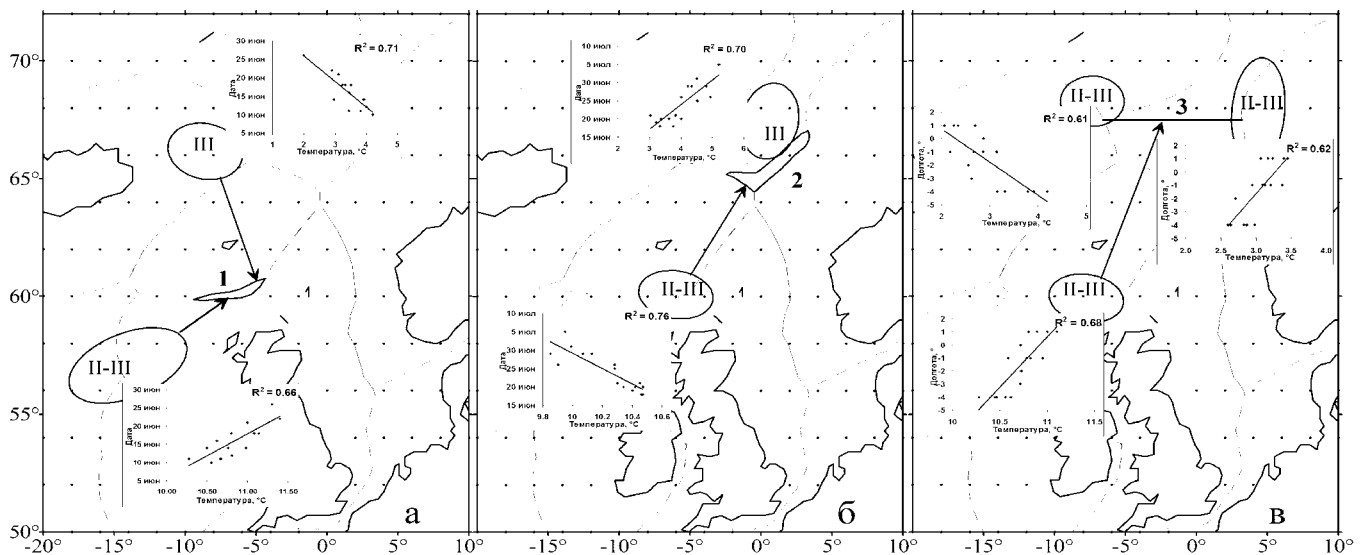
Показатель	ФРЗ	НЭЗ	ОЧНМ
Средняя дата первого появления путассу	22.04	17.05	22.06
Заблаговременность прогноза, месяцы	2-3	3	4
Допустимая ошибка ($0,8 \sigma$), сутки	± 4	± 10	± 12
R^2 модели	0,84	0,82	0,82
Методическая оправдываемость, %	88	86	92
Климатическая оправдываемость, %	63	50	53
Эффективность метода, %	25	36	39

Рассмотрены термические факторы, влияющие на распределение нагульных скоплений **скупбрии** и сроков ее появления в основных рыбопромысловых районах. Так, повторяемость восточного, западного или центрального распределения

скумбрии в период ее нагульных миграций с большой долей вероятности зависит от разницы температуры вод Восточной и Западной ветвей Норвежского течения, Норвежского и Восточно-Исландского течений, а также пространственного положения ядра Норвежского течения на разрезах в южной части Норвежского моря.

В результате статистического анализа связи ТПО с показателями, характеризующими направление миграций и распределение скумбрии в летние месяцы, выбраны информативные зоны, тепловое состояние вод в которых в зимний период (февраль–март) оказывает влияние на изменение этих показателей. В качестве наиболее важных в промысловом отношении параметров выбраны сроки первого появления скумбрии в ОЧНМ, начала ее спецпромысла в ФРЗ и ОЧНМ (когда доля скумбрии в уловах превышает 50 %), а также западная (W) и северная (N) границы распределения промысловых скоплений рыбы в ОЧНМ. В пределах указанных границ вдоль галсов по 65°45' с.ш. и по 3° в.д. месячный вылов скумбрии отечественными судами в квадрате 1° по долготе и 0,5° по широте превышает 100 т.

На изменение сроков начала спецпромысла скумбрии в ФРЗ, связанного с началом массовых миграций рыбы в этот район, наиболее заметное влияние оказывают термические условия в феврале–марте в двух информативных зонах – в области распространения САТ и ВИТ (рис. 6а). Тепловое состояние вод в каждой из этих зон описывает от 65 до 70 % изменчивости сроков начала массового промысла скумбрии в ФРЗ.



1 – ФРЗ, 2 – ОЧНМ, 3 – галс W в ОЧНМ

Рис. 6. Положение информативных зон, значения ТПО в которых использованы для расчетов сроков начала спецпромысла скумбрии в ФРЗ (а), первого появления (б) и западной границы распределения скумбрии (в) в ОЧНМ. Точками показаны узлы 2-градусной сетки. В информативных зонах указаны месяцы выбора ТПО. На врезках представлены графики, характеризующие статистическую связь между температурой и сроками появления путассу

В годы с повышенным теплосодержанием вод САТ наблюдается более позднее начало массовых миграций скумбрии в ФРЗ, так как при этом в весенний период происходит западное и восточное смещение скоплений скумбрии по сравнению с «нормальными» в термическом отношении годами. В этом случае промысловые концентрации скумбрии в ФРЗ появляются в более северных, чем обычно, районах и в более поздние сроки. Повышенная температура вод ВИТ может являться индикатором сокращения площади холодных вод в южной части Норвежского моря, что ведет к более раннему развитию кормовой базы и, как следствие, к более раннему началу массовых подходов скумбрии в ФРЗ и далее на север в Норвежское море.

Сроки первых появлений скумбрии в ОЧНМ (июнь) определяются термическими условиями на северо-западе от Британских о-вов в период, предшествующий нересту рыбы (февраль–март) и температурой вод непосредственно в ОЧНМ в марте (см. рис. 6б). Повышение температуры в районе нереста скумбрии ведет к более раннему началу посленерестовых миграций рыбы и, соответственно, к более раннему ее появлению в Норвежском море. Повышенный же тепловой фон вод открытой части моря, являясь индикатором общего потепления вод Норвежского течения, способствует восточному направлению нагульной миграции скумбрии и выходу ее в открытую часть Норвежского моря севернее и позднее, чем обычно.

Сроки начала массовых подходов скумбрии в ОЧНМ (июнь–июль), как и начало массовой миграции рыбы в ФРЗ, статистически достоверно зависят от изменений температуры вод ВИТ и САТ у южной границы Норвежского моря. Совместный вклад изменений температуры в вышеуказанных районах описывает около 70 % дисперсии изменчивости прогнозируемого параметра.

При анализе связи ТПО и пространственного распределения промысловых концентраций скумбрии в ОЧНМ выявлены три информативные зоны, расположенные на юге Норвежского моря, в области распространения вод Восточной ветви Норвежского течения и ВИТ. При этом знак связи в системе «среда–организм» для температуры атлантических вод – положительный, для восточно-исландских – отрицательный (см. рис. 6в). Повышенное теплосодержание вод Северо-Атлантического и Норвежского течений способствует восточному распределению скумбрии, а повышенное теплосодержание вод на западе моря – в зоне ВИТ – ведет к западному и северному смещению границ нагульного ареала скумбрии в ОЧНМ.

На основе выявленных зависимостей, рассчитаны линейные регрессионные уравнения, включающие значения ТПО в информативных зонах. Формулы этих уравнений для каждого из прогнозируемых параметров в целом схожи с уравнениями (1)–(3), рассчитанными для определения сроков появления путассу в промысловых районах Норвежского моря. Отличия заключаются лишь в обозначении положения информативных зон и месяцах выбора ТПО в них. Результаты оценки методической точности, оправдываемости и эффективности разработанных регрессионных моделей (таблица 2) указывают на целесообразность использования их в рыбопромысловом прогнозировании.

Таблица 2 – Основные показатели точности, методической оправдываемости и эффективности моделей для прогноза сроков начала спецпромысла скумбрии в ФРЗ (Z1), первых появлений (Z2) и начала спецпромысла (Z3) в ОЧНМ, положения западной (W) и северной (N) границ распределения промысловых концентраций скумбрии в ОЧНМ в период с 1985 по 2000 г.

Показатели	Z1	Z2	Z3	W	N
Средняя дата	15.06	23.06	03.07	15.07	15.07
Заблаговременность, месяцев	2	2-3	2-3	3	3
Допустимая ошибка (0,8 σ), сутки	± 4	± 3	± 4		
Допустимая ошибка (0,8 σ), градусы				$\pm 1^{\circ}30'$	$\pm 1^{\circ}$
R ² модели	0,84	0,61	0,80	0,91	0,59
Методическая оправдываемость, %	100	83	92	100	80
Климатическая оправдываемость, %	50	50	67	33	57
Эффективность метода, %	50	33	25	67	23

Оправдываемость прогностических моделей на независимом материале 2001–2008 гг. для сроков массовых подходов скумбрии в ФРЗ составила 88 %. Прогнозы сроков первого появления скумбрии и начала ее специализированного промысла в ОЧНМ, как и границ распределения промысловых концентраций, оправдались на 88–100 %.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

1. Создан массив данных температуры и солености воды на стандартных разрезах в южной части Норвежского моря в летний период, в основу которого положены материалы океанографических съемок моря, проводимых судами ПИНРО в период с 1951 по 2008 г. Впервые рассчитаны среднемноголетние значения и статистические характеристики температуры и солености вод на каждой станции разрезов по стандартным горизонтам, а также их средневзвешенные значения для каждого года в слоях 0–50, 0–200 и 200–500 м. Выполнена оценка среднемноголетнего пространственного положения ядер атлантической, восточно-исландской и смешанной водных масс, которая показала, что в большинстве случаев эти ядра отмечаются в пределах общепринятых границ течений Норвежского моря.

2. Выделены долговременные периоды потепления и похолодания вод Норвежского моря. Так, с середины 50-х годов XX в. периоды повышения температуры от аномально низких до аномально высоких значений и последующего ее понижения составили 10–12 лет. Основные энергонесущие частоты имеют периоды 15, 7–9, 3–4 и 2,5 лет. В изменениях температуры вод Восточно-Исландского течения и смешанных вод проявляются схожие циклы с периодами около 11, 7 лет и 3 года.

Показано, что наиболее характерной особенностью межгодовой изменчивости солености вод атлантического и арктического происхождения является наличие ярко выраженных минимумов (соленостных аномалий) в конце 70-х, в конце

80-х и середине 90-х годов XX в. В итоге, вклад отрицательного линейного тренда в изменчивость солености составил 30–45 %.

3. Выявлена статистически значимая связь температуры и солености вод Норвежского течения с аналогичными характеристиками восточно-исландских и смешанных вод, что указывает на единую природу процессов, протекающих в водах Норвежского моря различного происхождения. Впервые установлена положительная статистически значимая связь между температурой и соленостью этих вод. Наиболее тесная связь между этими параметрами отмечена в атлантических и смешанных водах за последние 30 лет после Великой соленостной аномалии.

4. Рассчитаны численные значения пространственного положения термических фронтальных зон и величины горизонтальных градиентов температуры в них на разрезах в южной части Норвежского моря в верхнем 200-метровом слое для каждого из исследуемых лет. Показано отсутствие статистически значимой связи положения участков фронтальных зон на различных разрезах как между собой, так и с термическим состоянием вод, разделяемых этими зонами

5. Выявлены информативные зоны, в которых температура поверхности океана, равно как и температура воздуха на прибрежных и островных станциях Норвежского моря и Северо-Восточной Атлантики описывает от 57 до 93 % общей дисперсии температуры атлантических вод на разрезах Норвежского моря. Заблаговременность сопряженности процессов – от 2 до 3 месяцев. Методическая оправдываемость регрессионных моделей, рассчитанных на основе выявленных связей, для различных разрезов составляет 80–96 %.

6. Показано, что распределения путассу в период ее нагульных миграций зависит от географического положения участков термических фронтальных зон в верхнем 200-метровом слое Норвежского моря и горизонтальных градиентов температуры в них. На изменение миграционных путей нагульной скумбрии влияет температура вод Норвежского и Восточно-Исландского течений в слое 0-50 м, а также положение его стрежня в южной части Норвежского моря.

7. Разработана методика прогнозирования сроков появления путассу и скумбрии в весенне-летний период в основных промысловых районах Норвежского моря и распределения промысловых концентраций скумбрии в открытой части Норвежского моря. Предиктором указанных событий явилась температура поверхности океана на акватории Северо-Восточной Атлантики и Норвежского моря в предшествующий осенне-зимний период.

Оправдываемость прогнозов сроков появления путассу в рыболовной зоне Фарерских о-вов и открытой части Норвежского моря на независимом материале 2001–2008 гг. составила 75 и 88 %, сроков первого появления скумбрии в открытой части Норвежского моря, начала ее спецпромысла в рыболовной зоне Фарерских о-вов и открытой части моря, а также положения границ распределения промысловых концентраций скумбрии – 88–100 %.

Основные публикации по теме диссертации

1. Влияние термических условий на изменение сроков появления путассу в промысловых районах Северо-Восточной Атлантики // Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1995. – С. 148–160. (соавторы Бочков Ю.А., Лободенко С.Е., Анциферов М.Ю., Карсаков А.Л.).

2. Сопряженность крупномасштабных изменений термики вод Норвежского и Баренцева морей и ее использование в долгосрочном прогнозировании температуры воды в Баренцевом море // Тез. докл. 10 Междунар. конф. по промысловой океанологии. – М.: Изд-во ВНИРО, 1997. – С. 114. (соавторы Бочков Ю.А., Карсаков А.Л.).

3. Крупномасштабная изменчивость сырьевой базы промысла и абиотических факторов среды в промысловых районах Северо-Восточной Атлантики. – Мурманск: МГПИ, 1998. – 79 с. (соавтор Шевченко А.В.).

4. Аномальное развитие гидрометеорологических процессов в Норвежском море в 1994 – 1999 гг. и их биологические последствия // Тез. докл. 11-й Всерос. конф. по промысловой океанологии. – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – С. 93–94.

5. Температура поверхности Северной Атлантики и долгосрочное прогнозирование абиотических и биотических параметров экосистемы Северного бассейна// Материалы отчет. сессии ПИНРО по итогам научно-исслед. работ в 1998–1999 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. Ч. 1. – С. 188–199. (соавторы Карсаков А.Л., Бочков Ю.А.).

6. Колебания теплового состояния вод Норвежского моря во второй половине 90-х годов и их влияние на распределение пелагических рыб // Материалы отчет. сессии ПИНРО по итогам научно-исслед. работ в 1998–1999 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. Ч. 1. – С. 178–187.

7. Использование ресурсов Интернета в путинных прогнозах для путассу и скумбрии в Норвежском море // Тез. докл. 8-й Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – С. 90–91.

8. О межгодовой изменчивости солености атлантических вод Норвежского моря // Материалы конф. молодых ученых, посвященной 80-летию ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – С. 14–23.

9. Методика прогнозирования сроков появления и распределения скумбрии и путассу в промысловых районах Северо-Восточной Атлантики и Норвежского моря. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – 26 с. (соавтор Бочков Ю.А.).

10. Hydrographic conditions in the Norwegian Sea in the 1990s and their influence on plankton status and Atlanto-Scandian herring migrations// ICES Marine Science Symposia. – 2003. – Vol. 219.– P. 443–446 (соавторы Боровков В.А., Плеханова Н.В., Крысов А.И.).

11. К вопросу о межгодовой изменчивости фронтальных зон центральной части Норвежского моря // XIV Конф. по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2008. – С. 159–160.

Статьи в изданиях, входящих в Перечень ВАК

12. Долгосрочный прогноз условий промысла скумбрии // Рыбное хозяйство. – 2000. – № 2. – С. 28–30. (соавторы Бочков Ю.А., Морозова Г.Н.).

13. Путассу Норвежского моря и ее осенний промысел // Рыбное хозяйство. – 2005. – № 2. – С. 47–50. (соавтор Морозова Г.Н.).

14. Океанологические основы прогнозирования сроков появления и распределения путассу и скумбрии в основных рыбопромысловых районах Норвежского моря // Вопросы рыболовства. – 2009. – Вып. 3. (в печати).



Подписано в печать 25.08.09 г.

Уч.-изд. л. 1,6.

Заказ 11.

Усл. печ. л. 1,3.

Формат 60x84/16.

Тираж 120 экз.

183038, Мурманск, ул. Книповича, 6, ПИНРО.