

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ (РГГМУ)

На правах рукописи

Гузенко Владимир Владимирович

ТЕРМОХАЛИННЫЙ РЕЖИМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ

Специальность 25.00.28 – «Океанология»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Санкт-Петербург
2007

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

Научный руководитель: доктор географических наук
Родин Александр Васильевич

Научный консультант: кандидат географических наук
Бойцов Владимир Дмитриевич

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
Малинин Валерий Николаевич

доктор географических наук
Несветова Галина Ивановна

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

Защита состоится "18 "октября 2007 г. в 15 ч. 30 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.197.02 Российского государственного гидрометеорологического университета.

Адрес: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГГМУ.

Автореферат разослан " 12 " сентября 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук



В.Н. Воробьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Восточная часть Баренцева моря (к востоку от 35° в.д.) является одной из самых высокопродуктивных акваторий российской экономической зоны, где в различные сезоны года создают промысловые концентрации трески, пикша, морская камбала, мойва, сайка.

Высокая биологическая продуктивность востока Баренцева моря обусловлена его физико-географическим положением и комплексом климатических и океанографических факторов, изучение изменчивости которых является одной из основных задач промысловой океанографии, поскольку абиотические параметры оказывают как прямое, так и косвенное влияние на особенности распределения и миграций рыб и беспозвоночных.

Среди объектов промысла в восточной части Баренцева моря треска (*Gadus morhua morhua* L.) – наиболее ценный вид рыб Северо-Европейского бассейна. Восточно-баренцевоморская сайка (*Boreogadus saida* L.) является одной из многочисленных популяций арктического региона, запасы которой в основном распределяются в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации. Выявление экологически важных показателей среды обитания трески и сайки, а также оценка степени их воздействия на распределение рыб необходимы для выработки рекомендаций по рациональному и экономически эффективному использованию биологических ресурсов.

В Баренцевом море существуют большие запасы нефти и газа, разведанные в основном в его восточной части, океанографический режим которой по ряду причин оказался наименее изученным. Это обстоятельство, а также наличие здесь сложного гидрометеорологического режима определяют актуальность выполненных в настоящей работе исследований, поскольку их результаты следует учитывать для обеспечения экологически безопасной разведки, а в дальнейшем и добычи полезных ископаемых.

Цель и задачи работы. Цель работы – выявление закономерностей пространственного распределения и многолетней изменчивости температуры и солености вод восточной части Баренцева моря и оценка влияния абиотических и биотических факторов на особенности распределения трески и сайки.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- формирование базы океанографических данных для Баренцева моря за 1951-2005 гг.;
- расчет климатических значений термохалинных параметров для различных слоев;
- исследование особенностей пространственной и межгодовой изменчивости термохалинных показателей;
- расчет интегральной характеристики термохалинного состояния вод исследуемой акватории;

- анализ сопряженности межгодовой изменчивости температуры и солености воды на акватории восточной части Баренцева моря с гидрометеорологическими характеристиками;
- выявление структуры многолетних колебаний температуры воды основных водных масс;
- проведение типизации полей температуры и определение на ее основе особенностей межгодовой изменчивости теплового состояния вод;
- исследование влияния абиотических и биотических факторов на распределение и формирование промысловых скоплений трески и сайки в восточной части Баренцева моря.

Научная новизна. На основе унифицированной базы данных ПИНРО за 1951-2005 гг. впервые рассчитаны статистические характеристики температуры и солености воды для различных слоев в узлах регулярной сетки на акватории Баренцева моря для августа-сентября.

Предложен новый метод интегральной оценки пространственной изменчивости температуры и солености воды восточной части Баренцева моря, с помощью которого выполнена классификация лет для периода с 1965 по 2005 г. и установлена степень сопряженности этих параметров с некоторыми гидрометеорологическими характеристиками.

Выявленный спектральный состав межгодовых колебаний температуры воды разного генезиса в восточной части Баренцева моря позволил уточнить структуру водных масс этого района.

Впервые проведена типизация полей температуры воды различных слоев восточной части моря и установлены их структурные особенности.

Расчет и анализ площадей, занятых придонными водами с наиболее оптимальным для образования промысловых скоплений сайки диапазоном температуры с учетом состояния ее запаса, позволили впервые составить матрицу «ситуаций лет-аналогов», с помощью которой можно прогнозировать районы наиболее вероятного распределения рыбы.

С использованием большого информационного массива впервые определены диапазоны оптимальной температуры и солености воды, при которых формируются промысловые концентрации трески в восточной части Баренцева моря в осенне-зимний период. Разработана прогностическая модель положения северо-восточной границы распределения трески в августе-сентябре, в которой в качестве независимых переменных используются величина запаса трески на начало года и теплосодержание вод Мурманского течения в июне.

На защиту выносятся следующие положения:

- 1) закономерности пространственной изменчивости термохалинных характеристик Баренцева моря;
- 2) сопряженность межгодовой изменчивости температуры и солености воды на акватории восточной части Баренцева моря с гидрометеорологическими характеристиками;

3) особенности многолетних колебаний температуры вод различного генезиса;

4) оценки влияния абиотических и биотических факторов на распределение и формирование промысловых скоплений трески и сайки.

Практическая значимость работы. Среднемноголетние значения температуры и солености воды и их статистические характеристики составляют основу режимно-справочной информации для различных районов Баренцева моря и позволяют оценивать особенности океанографических условий в отдельные годы. Результаты исследований используются при составлении долгосрочных, квартальных и путинных прогнозов промыслово-биологических показателей, а установленные статистические связи «среда-объект» – для прогнозирования распределения и формирования промысловых скоплений трески и сайки в восточной части моря.

Апробация работы. Материалы и результаты настоящего исследования докладывались и обсуждались на отчетных сессиях ПИНРО и Сев-ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ (Мурманск, 2000 и 2003 гг.), на IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования (Мурманск, 2004 г.), на Международной конференции «Поведение рыб» (Борок, 2005 г.), на 11 российско-норвежском симпозиуме «Динамика экосистемы и оптимальная долгосрочная эксплуатация гидробионтов Баренцева моря» (Мурманск, 2005 г.), на Международном научном семинаре «Российско-Норвежские исследования в районе арх. Шпицберген» (Тромсе, Норвегия, 2006 г.), на Международной научной конференции «Проблемы биологической океанографии XXI века» (Севастополь, 2006 г.), на Международной научной конференции «Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем» (Ростов-на-Дону, 2006 г.), на 12 Норвежско-Российском симпозиуме «Долговременные перспективы Российско-Норвежского научного сотрудничества с целью устойчивого управления морскими живыми ресурсами в Баренцевом море» (Тромсе, Норвегия, 2007 г.).

Результаты исследований, проведенные автором по теме диссертационной работы, отражены в 16 печатных работах, в том числе в 5 тезисах докладов.

Личный вклад автора выражается в выборе темы, сборе и обработке информации (в том числе участие в 11 экспедициях в восточную часть Баренцева моря), обобщении полученных результатов и их использовании при разработке путинных, сезонных и годовых прогнозов фоновых условий Баренцева моря согласно разделам тематического плана НИР ФГУП «ПИНРО» (1.1.1, 1.2.1, 1.5).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем работы составляет 156 страниц, она содержит 69 рисунков и 16 таблиц. Список литературы включает 160 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе приведены общие сведения о районе исследований: географическое положение, особенности рельефа дна, метеорологические условия. Дана характеристика водным массам, циркуляции вод, ледовых условий и термохалинной структуры вод.

Подробно проанализированы результаты исследований гидрометеорологического режима Баренцева моря и его восточной части, полученные ранее другими специалистами. Дана оценка репрезентативности традиционных методов анализа пространственно-временной изменчивости температуры и солености воды отдельных районов и моря в целом с использованием наблюдений на стандартных разрезах. Установлено, что в настоящее время нельзя получить надежную количественную оценку теплового состояния водных масс по данным наблюдений на разрезах, так как мониторинг термохалинных условий относительно регулярно осуществляется только на разрезе «Кольский меридиан» (вдоль $33^{\circ}30'$ в.д.). Наиболее репрезентативной характеристикой термохалинного состояния вертикальной толщи вод являются расчетные данные в узлах регулярной сетки, которые можно использовать для анализа любой акватории моря.

Во второй главе приводятся сведения об объеме использованных в диссертации данных, гидрометеорологических и промыслово-биологических параметрах. Массив данных содержит 29928 океанографических станций, выполненных в августе и сентябре с 1951 по 2005 г. В качестве дополнительного материала использовались систематизированные данные о температуре и солености воды на разрезе «Кольский меридиан».

Определение средних температуры и солености для слоя проводилось методом Н.Н. Зубова (1926). Интерполирование неравномерно распределенных по акватории моря океанографических данных в узлы регулярной сетки, совпадающие с центрами промысловых квадратов (с шагом $30'$ по долготе и $10'$ по широте), осуществлялось для каждого года методом обратных расстояний с радиусом интерполяции 60 миль (Голубев, Зубев, 2004).

Для количественной оценки межгодовых изменений термохалинного состояния вод для каждого узла сетки рассчитывалось отклонение температуры и солености воды для анализируемых лет от среднемноголетнего значения. С использованием процедуры вычисления объемов и площадей программы Surfer методом трапеций рассчитывался объем между сеточной функцией, состоящей из впадин (отрицательных аномалий) и выступов (положительных аномалий), и плоской поверхностью, равной 0°C . При делении разницы вычисленных объемов на общую площадь была получена

интегральная величина, характеризующая тепло- и солезапас. Эта величина близка по значению к средней аномалии по всем узлам сетки. Площадь, занятая водами, температура которых находится в определенном диапазоне, определялась также с помощью процедуры вычисления объемов и площадей путем проецирования сеточной области на плоскую поверхность и вычисления площади этой проекции.

Расчет статистических характеристик использованных в работе параметров, коэффициентов парной и множественной корреляции и регрессии, а также типизация лет методом кластерного анализа осуществлялись с помощью пакета Statistica 5.5.

Для выявления внутренней структуры межгодовых колебаний температуры различных водных масс использовался программный комплекс «Призма», разработанный в РГГМУ.

Анализ промысловой обстановки и распределения трески и сайки осуществлялся по промыслово-биологическим данным ПИПРО за 1967-2004 гг.

В третьей главе исследовались закономерности пространственного распределения и многолетней изменчивости температуры и солености вод восточной части Баренцева моря.

В подразделе 3.1.1 на основе сформированной базы океанографических данных за период с 1951 по 2005 г. выполнены расчеты статистических характеристик температуры воды для слоев 0-20 м, 75 м-дно и поверхность-дно в узлах регулярной сетки на акватории всего Баренцева моря и проведен их анализ.

По среднемноголетним данным, температура вод в слое 0-20 м в августе-сентябре варьирует от 0,5 до 9,0 °С (рис. 1). К северу от 73° с.ш. в центральной части моря ее распределение носит квазиширотный характер, тогда как южнее наблюдается сложная структура поля этого параметра. На большей части акватории моря среднеквадратические отклонения температуры в слое 0-20 м изменяются от 1,0 до 1,5 °С. На западе и крайнем севере моря значения стандартного отклонения не превышают 1,0 °С, что свидетельствует о более устойчивых термических условиях этих районов в межгодовом аспекте. Наибольшие значения среднеквадратических отклонений температуры поверхностного слоя (более 1,5 °С) отмечаются на мелководных участках юго-востока моря, где взаимодействуют теплые воды Колгуево-Печорского течения с холодными водами течения Литке (см. рис. 1). Распределение экстремальных значений температуры в слое 0-20 м в общих чертах соответствует их среднемноголетнему распределению. Максимальные значения температуры воды (выше 12 °С) наблюдаются в юго-западной и южной частях моря. Самая большая амплитуда межгодовых колебаний температуры воды (более 6 °С) наблюдается в рассматриваемый период в мелководных юго-восточных и северо-западных прибрежных районах, наиболее подверженных радиационному прогреву.

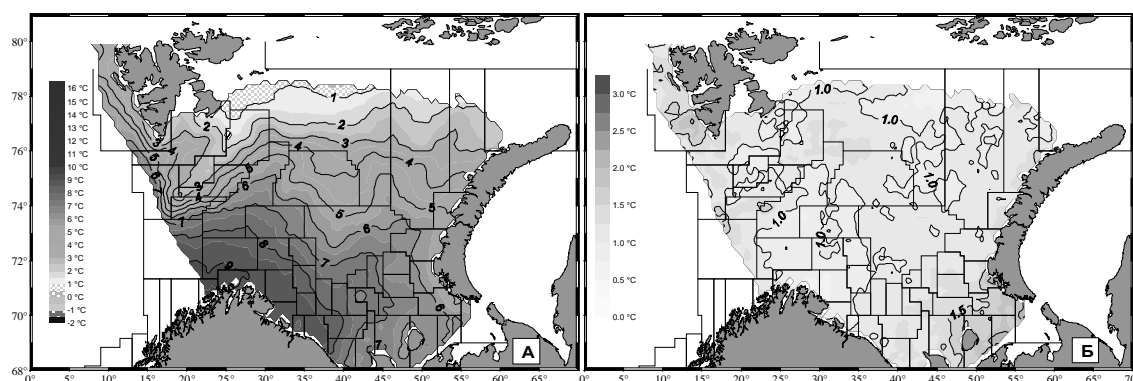


Рис. 1. Среднегодовое распределение температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) в слое 0-20 м в августе-сентябре (А) и распределение ее среднеквадратических отклонений (Б) в Баренцевом море

На значительной глубоководной части акватории Баренцева моря среднегодовая температура воды в слое 75 м-дно в августе-сентябре имеет отрицательные значения. Наиболее высокая температура в этом слое, превышающая 5°C , отмечается вблизи побережья Норвегии. Межгодовая изменчивость температуры воды в слое 75 м-дно значительно меньше, чем в слое 0-20 м. Ее среднеквадратические отклонения практически на всей акватории не превышают 1°C , а севернее 76° с.ш. составляют $0,5^{\circ}\text{C}$ и менее. Основные структурные элементы поля максимальных и средних значений температуры воды этого слоя совпадают, при этом значения максимальной температуры превышают норму в среднем на 1°C . Как показал анализ, в слое 75 м-дно самая большая амплитуда межгодовых колебаний отмечается в южной части моря, но она на $2-3^{\circ}\text{C}$ меньше, чем в слое 0-20 м.

Распределение температуры воды в слое от поверхности до дна отражает основные закономерности термического режима Баренцева моря. По среднегодовым данным, температура вод в этом слое в августе-сентябре изменяется от минус $0,5$ до $6,0^{\circ}\text{C}$ и выше. К северу от $77^{\circ}00'$ с.ш. практически повсеместно наблюдается отрицательная температура. Значения среднеквадратических отклонений температуры воды в слое от поверхности до дна на большей части акватории моря не превышают 1°C , а ее изменчивость значительно меньше, чем в слое 0-20 м.

Анализ межгодовой изменчивости температуры воды показал, что максимальные значения этого параметра в слое 0-20 м в августе-сентябре на акватории Баренцева моря чаще всего наблюдались в 2000-2005 гг., а минимальные – в 1960-е годы. В отличие от верхнего слоя в слое 75 м-дно в начале XXI в. рост температуры воды был менее значителен. Высокий теплозапас вод наблюдался в 1990-е годы, а самый низкий – в 1970-е годы (табл.1).

Таблица 1

Площадь, занятая водами с максимальными/минимальными значениями температуры (в % от общей площади акватории исследований)

Период, годы	Слой		
	0-20 м	75 м-дно	0 м-дно
1951-1959	4,2/7,8	19/7,6	17,2/5,4
1960-1969	7,8/51,5	6,6/27,2	5,1/35,1
1970-1979	6,9/8,6	19,3/36,0	21,3/26,6
1980-1989	19,2/28,7	11,1/22,9	12,7/28,6
1990-1999	12,6/2,7	29,7/5,5	20,5/3,2
2000-2005	49,3/0,6	14,2/0,8	23,3/1,1

Анализ многолетних данных для разных слоев показал, что при сохранении общих закономерностей структуры термического поля, существуют некоторые отличия, вызванные в первую очередь неодинаковой степенью влияния основных факторов, определяющих теплозапас того или иного слоя. Следовательно, для объективной оценки межгодовой изменчивости теплового состояния вод необходимо иметь непрерывные ряды океанографических характеристик как для различных районов моря, так и для различных слоев.

В подразделе 3.1.2 для акватории, ограниченной 68-77° с.ш. и 35-60° в.д., за период с 1965 по 2005 г. рассчитаны средние аномалии температуры воды по всем узлам сетки для слоев 0-20 м, 20-50 м, 0-50 м, 0 м-дно, 0-200 м, 50 м-дно, 75 м-дно и для придонного слоя. Межгодовые колебания этих аномалий имеют возрастающий тренд. При уровне доверительной вероятности 95 % значимыми являются тренды для слоев 0-20 м и 75 м-дно. Наиболее выражен тренд в слое 0-20 м, описывающий 16 % дисперсии исходного ряда (рис. 2).

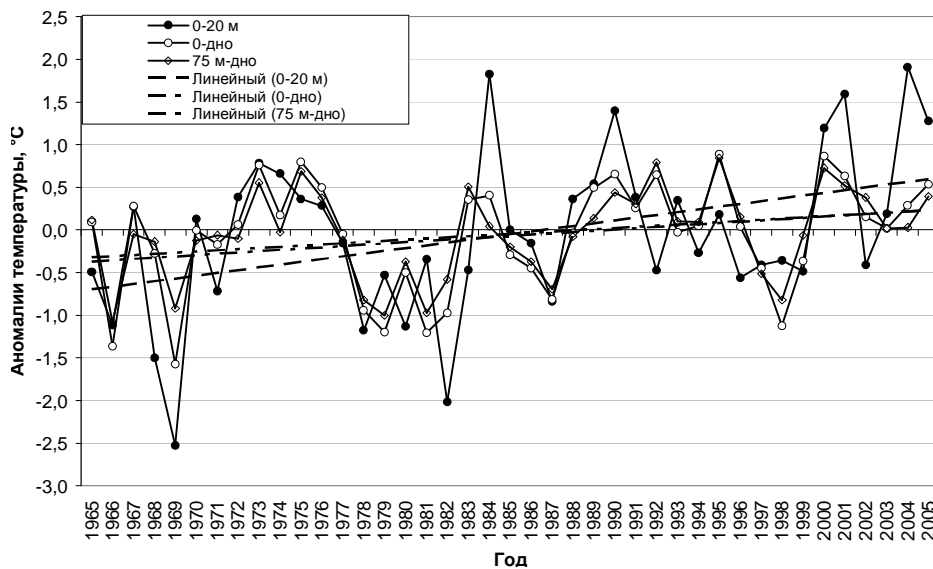


Рис. 2. Изменчивость средней аномалии температуры воды (°C) для слоев 0-20 м, 75 м-дно и поверхность-дно в августе-сентябре 1965-2005 гг.

С использованием однородного информационного массива средних по площади аномалий температуры воды в августе-сентябре для различных слоев за период с 1965 по 2005 г. выполнена классификация лет по 5-балльной шкале, результаты которой дают характеристику общего уровня теплового состояния вод восточной части Баренцева моря.

Выявлены периоды потеплений (1973-1976, 1983-1984, 1988-1996, 2000-2005 гг.) и похолоданий (1965-1971, 1977-1982, 1985-1987, 1996-1999 гг.) водных масс, имевшие заметные различия интенсивности и направленности развития атмосферных и океанических процессов.

В 1965-1971 гг. отмечено похолодание водных масс, когда на значительной акватории наблюдалась экстремально низкая температура воды во всех слоях, кроме придонного. В 1977-1982 гг. ослабление адвекции тепла из Норвежского моря и интенсификация холодных течений под влиянием северных ветров вызвали повышенную ледовитость Баренцева моря и значительный дефицит тепла водных масс относительно нормы во всех слоях. В 1988-1996 гг. отмечен повышенный уровень теплозапаса вод в восточной части Баренцева моря с максимумом в 1995 г. В течение 1996-1999 гг. наблюдался непродолжительный период значительного похолодания. В 1998 г. во всех слоях, за исключением верхнего 20-метрового слоя, отмечалось наибольшее понижение температуры воды относительно среднегодовалого уровня. Начавшееся в 2000 г. повышение температуры воды в верхних слоях сменилось довольно резким ее снижением в 2002-2003 гг. Однако уже в 2004 г. отмечался самый высокий с 1965 г. уровень теплосодержания вод в слоях 0-20 и 0-50 м (см. рис. 2).

В подразделе 3.1.3 выполнена оценка сопряженности средней температуры воды для различных слоев в восточной части Баренцева моря в августе-сентябре со средней температурой воздуха для этой акватории в январе-августе, а также с общей ледовитостью моря в течение первых 8 месяцев года. Отмечено наличие внутрисезонной изменчивости коэффициентов корреляции с максимумом в апреле и минимумом в июле для температуры воды и воздуха и с минимумом в апреле и максимумом в июле для температуры воды и ледовитости. Исключение составляет слой 0-20 м, для которого статистическая связь между сравниваемыми параметрами незначительно меняется в течение января-августа.

Для оценки теплового состояния вод южной части Баренцева моря чаще всего используют температуру на разрезе «Кольский меридиан». Для получения ответа на вопрос, являются ли данные температуры воды на этом разрезе репрезентативными для оценки теплового состояния вод различных районов восточной части Баренцева моря, были рассчитаны коэффициенты корреляции между средней температурой воды в различных слоях на разрезе «Кольский меридиан» в январе-июле и температурой воды в соответствующих слоях в августе-сентябре в каждом узле регулярной

сетки на акватории, ограниченной координатами 68-77° с.ш. и 35-60° в.д. Установлено, что максимальные коэффициенты корреляции для верхнего, промежуточного и придонного слоев на востоке моря в августе-сентябре наблюдаются со средней температурой аналогичных слоев ст. 3-7 на разрезе «Кольский меридиан» в мае (рис. 3). Однако высокую сопряженность температура воды на этом разрезе с межгодовыми колебаниями температуры в различных слоях в восточной части моря имеет только в зоне распространения вод атлантического происхождения. Поэтому оценка теплового состояния вод иного генезиса по данным разреза «Кольский меридиан» может приводить к ошибкам.

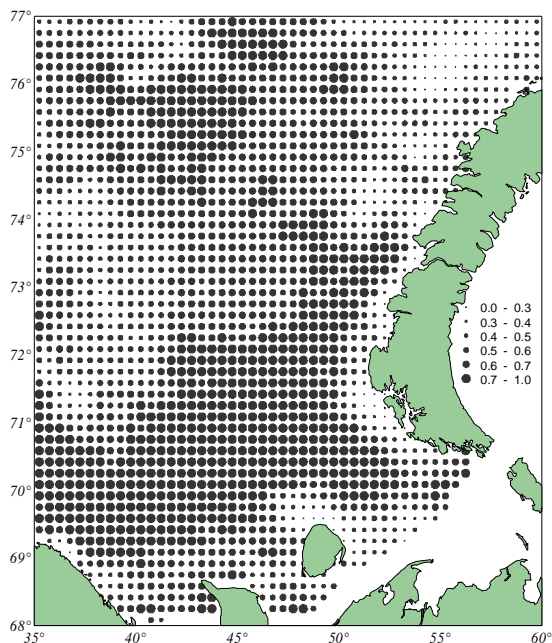


Рис. 3. Коэффициенты корреляции температуры воды слоя 150-200 м 3-7 станций разреза «Кольский меридиан» в мае с температурой воды в придонном слое в узлах регулярной сетки в августе-сентябре

В подразделе 3.1.4 представлены результаты анализа пространственного распределения средней солёности и ее статистических характеристик в слоях 0-20 м, 75 м-дно и 0 м-дно.

В слое 0-20 м, по среднегодовым данным, солёность вод на акватории моря изменяется в диапазоне 31,0-34,7 и более. Повышение солёности воды отмечается в направлении с востока на запад и при удалении от берега. Изменчивость солёности вод в этом слое в основном определяется интенсивностью распреснения вод. Среднеквадратические отклонения солёности вдали от берегов невысоки и не превышают 0,5. Максимальные значения отклонений (более 1) отмечаются вблизи южного о-ва архипелага Новая Земля, вследствие поступления сюда распресненных вод из Карского моря и воздействия берегового пресноводного стока, интенсивность которых значительно меняется от года к году. Повышенные значения среднеквадратических отклонений солёности отмечаются также вдоль западного побережья о-ва Западный Шпицберген и на севере моря. В этих же районах отмечена и наибольшая амплитуда многолетней изменчивости соле-

ности. Разница между максимальными и минимальными значениями солености в районе южного острова архипелага Новая Земля превышает 4. Минимальная амплитуда межгодовых колебаний солености (менее 1) отмечается в центре моря. В отдельные годы водные массы с соленостью 34,75 и более занимают всю центральную часть моря, в то же время соленость менее 34,0 отмечается только на крайнем севере и юго-востоке. Самая низкая соленость воды (менее 27) наблюдалась у южного о-ва архипелага Новая Земля.

В слое 75 м-дно в отличие от слоя 0-20 м в августе-сентябре практически на всей акватории Баренцева моря среднемноголетняя соленость превышает 34,75. Минимальная соленость менее 34,5 отмечается только на юге моря и на севере близи о-ва Эдж. Межгодовая изменчивость солености воды в слое 75 м-дно значительно меньше, чем в слое 0-20 м. Ее среднеквадратические отклонения на большей части акватории моря не превышают 0,1. Максимальные значения показателя изменчивости солености отмечены на мелководных участках северо-запада и юго-востока моря.

Распределение солености воды в слое 0 м-дно отражает особенности распределения солености как поверхностного 20-метрового слоя, так и слоя 75 м-дно. Воды с соленостью более 34,75 занимают в слое 0 м-дно большую площадь, чем в слое 0-20 м, но меньшую, чем в слое 75 м-дно. Изменчивость среднеквадратического отклонения солености воды в слое от поверхности до дна значительно меньше, чем в слое 0-20 м, и на большей части акватории Баренцева моря не превышает 0,5. Наибольшие значения среднеквадратических отклонений солености (более 0,5) отмечаются у западного побережья южного о-ва архипелага Новая Земля. В годы с повышенной соленостью вод значительно увеличивается площадь, занимаемая водами с соленостью более 35,00, а соленость 34,75 и более наблюдается практически до северо-восточной окраины моря.

Максимальные значения солености воды в слое 0-20 м в августе-сентябре чаще всего наблюдались в 1950-е и 1970-е годы и практически не отмечались в 1980-е и 2000-е годы. Наибольшая площадь Баренцева моря с минимальной соленостью воды была отмечена в 1960-е, 1980-е и 1990-е годы. В 1989 и 1998 гг. на большей части акватории моря в слое 0-20 м соленость была самой низкой.

В подразделе 3.1.5 рассматривается межгодовая изменчивость средних аномалий солености воды в узлах регулярной сетки для слоев 0-20 м, 75 м-дно и 0 м-дно за период с 1965 по 2005 г. Межгодовые колебания средних аномалий солености воды для этих слоев имеют в отличие от температуры значимый нелинейный (полиномиальный) тренд, который описывает 34 % дисперсии в слое 75 м-дно и 18 % в слое от поверхности до дна (рис. 4).

Выполнена классификация лет по значениям аномалий солености воды в августе-сентябре для различных слоев с использованием

3-балльной шкалы. С 1965 по 1976 г. соленость вод восточной части Баренцева моря во всех рассмотренных слоях превышала норму или была близкой к ней. В этот период отмечены максимальные положительные аномалии солености.

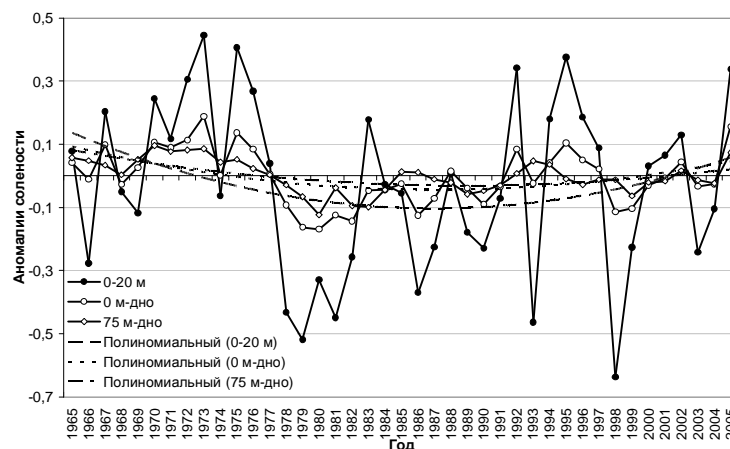


Рис. 4. Изменчивость средней аномалии солености воды для слоев 0-20 м, 75 м-дно и поверхность-дно в августе-сентябре

В 1977-1991 гг. воды имели соленость ниже нормы. В 1977-1982 гг. при дефиците солености наблюдалось аномальное понижение термики вод, вызванное существенным ослаблением адвекции тепла. В последующие годы столь длительные периоды с аномалиями одного знака не отмечались. С 1994 по 1997 г. в слоях 0-20 м и 0 м-дно наблюдались положительные аномалии солености, а в 1995-2001 гг. для слоя 75 м-дно соленость была ниже нормы. В 1998 г. соленость верхнего 20-метрового слоя была минимальна за весь период наблюдений (см. рис. 4).

В подразделе 3.1.6 были рассчитаны коэффициенты корреляции между средней соленостью воды в различных слоях станций 3-7 разреза «Кольский меридиан», общей ледовитостью моря в январе-июле, аномалиями температуры воздуха в ноябре-июле и соленостью воды в августе-сентябре в каждом узле регулярной сетки для получения количественной оценки влияния некоторых факторов на изменения солености. Полученные невысокие коэффициенты связи солености вод 20-метрового слоя в восточной части моря и солености на разрезе «Кольский меридиан» показали, что в верхнем слое в августе-сентябре на большей части акватории исследований соленость в основном зависит от влияния местных факторов. Максимальные коэффициенты корреляции были обнаружены между соленостью в слое 50-200 м в потоке Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» в мае и в слое 75 м-дно на востоке. Высокая обратная связь наблюдается между соленостью воды в слое 0-20 м севернее 73° с.ш. и общей ледовитостью моря в июле, т.е. в годы, когда много льда, соленость становится меньше за счет большего объема талых вод. Для слоя

75 м-дно лучшие результаты дает корреляция солёности с аномалиями общей ледовитости моря в январе.

В разделе 3.2 проанализирована структура межгодовых колебаний температуры вод разного генезиса в восточной части Баренцева моря.

Особенности спектрального состава изменчивости температуры воды на отдельных участках акватории моря определяются процессами, влияние которых распространяется на обширные пространства крупномасштабных систем циркуляции воздушных и водных масс, а также локальных факторов. Последние являются следствием физико-географических особенностей районов и генезиса водных масс, их занимающих. На востоке Баренцева моря основными являются воды системы Северо-Атлантического течения, Арктического бассейна и баренцевоморские воды, представляющие собой продукт термической трансформации атлантических вод. Для выявления особенностей межгодовой изменчивости температуры водных масс разного генезиса на акватории распределения каждой из них были выбраны участки, в пределах которых коэффициенты корреляции температуры воды в слое 75 м-дно в узлах регулярной сетки превышали 0,80 и имели слабую связь с температурой на остальной акватории. Данные средней температуры воды в этих зонах использовались для анализа ее межгодовых колебаний.

Выяснено, что в межгодовой изменчивости средней температуры воды атлантического происхождения в августе-сентябре 1965-2005 гг. имеется линейный возрастающий тренд, который вносит около 15 % в суммарную дисперсию (табл. 2).

Таблица 2

Вклад (%) циклических колебаний различной продолжительности в межгодовую изменчивость средней температуры воды в слое 75 м-дно

Воды	Продолжительность цикла (годы)			
	тренд	17-20	8-11	2-4
атлантические трансформированные	15	12	33	40
Северо-Новоземельской возвышенности	18	8	16	52
баренцевоморские Центральной впадины	-	13	40	36
Центральной возвышенности	23	-	19	56

В межгодовой динамике средней температуры баренцевоморских вод в слое 75 м-дно в районе Центральной впадины статистически значимый тренд отсутствует. При анализе межгодовой изменчивости средней температуры вод Северо-Новоземельской и Центральной возвышенностей в августе-сентябре выявлено, что в отличие от атлантических водных масс, где наибольший коэффициент детерминации (R^2) приходился на линейный

возрастающий тренд, при аппроксимации долговременных изменений температуры этих вод полиномами 2-й степени коэффициент детерминации выше, чем при линейной аппроксимации.

Циклические компоненты, выделенные при помощи спектрального анализа после исключения трендовой составляющей, имеют периоды, отличающиеся для различных участков моря. В межгодовой изменчивости температуры воды Центральной и Северо-Новоземельской возвышенностей отмечается отчетливо выраженное преобладание высокочастотных циклических колебаний продолжительностью от двух до четырех лет. Для атлантических и баренцевоморских вод наблюдается доминирование двух групп циклических колебаний – 8-11 лет и 2-4 года. Однако у баренцевоморских вод максимум спектральной энергии приходится на колебания температуры воды продолжительностью 8-11 лет, а у атлантических – 2-4 года, определяя изменчивость изучаемого параметра на 40 % (см. табл. 2). Низкочастотные вариации продолжительностью 17-19 лет значительно уступают высокочастотным во всех рассматриваемых водах, но и здесь их роль в многолетней изменчивости температуры воды различна. В динамике атлантических и баренцевоморских вод вклад низкочастотных колебаний составляет 12-13 % от суммарной дисперсии, для вод Северо-Новоземельской возвышенности – близок к критическому уровню значимости 8 %, а в водах Центральной возвышенности 17-19-летние циклы вообще отсутствуют. Выявленные обособленности межгодовой изменчивости температуры воды Центральной возвышенности подтверждают предположение о существовании в этом районе квазистационарного вихря, который блокирует поступление атлантических вод в этот район (Оттерсен, Одланнвик, Луенг, 2005).

В разделе 3.3 рассмотрена межгодовая изменчивость термического состояния вод различных слоев на основе типизации структуры поля температуры.

Первоначально были рассчитаны площади (кв. миля), которые ежегодно занимают воды с различным диапазоном температуры в слоях 0-20 м, 20-50 м, 0-50 м, 0 м-дно, 0-200 м, 50 м-дно, 75 м-дно и придонном горизонте за период с 1965 по 2005 г. для акватории моря, ограниченной координатами 68-77° с.ш. и 35-60° в.д. Затем была проведена классификация площадей, занятых водами с различной температурой во всех слоях, с использованием итерационного метода k-средних для определения оптимального для каждого слоя количества кластеров и построены дендрограммы методом Уорда. Выполненная типизация лет позволила определить основные количественные признаки, характеризующие особенности распределения температуры воды в каждом классе, а осреднение температуры воды в узлах регулярной сетки для лет, входящих в каждый класс, получить среднее поле распределения этого параметра в августе-сентябре для каждого класса. Типовые карты распределения температуры воды мо-

гут использоваться для диагноза океанографической ситуации, поскольку каждый класс структуры термического поля формируется при определенных гидрометеорологических условиях в пределах восточной части моря, а также для аналогового прогноза развития ситуации в районе исследований и заблаговременной оценки промыслово-биологических параметров.

В четвертой главе выполнена оценка влияния абиотических и биотических факторов на распределение и формирование промысловых скоплений трески и сайки в восточной части Баренцева моря.

В разделе 4.1 выполнен анализ влияния температурных условий на распределение сайки, а также моделирование пространственного положения возможных районов промысла сайки в зависимости от условий среды и биологического состояния объекта. Распределение сайки в различные годы в зависимости от температурных условий подвержено значительным изменениям. Для объективной количественной оценки теплового состояния вод востока моря были рассчитаны средние аномалии температуры воды для слоев 0-20 м, 50 м-дно и придонного для двух районов – северного и южного – за период с 1965 по 2005 г. Деление районов на северный и южный проводилось по $72^{\circ}30'$ с.ш. как с учетом океанографического районирования, так и на основании анализа распределения сайки за многолетний период.

В ходе сопоставления распределения сайки, зафиксированного в период экосистемной съемки, и уровня теплового состояния вод, полученного при классификации средних аномалий температуры воды для северных районов, отмечено хорошее соответствие типа лет для слоев 50 м-дно и придонного и пространственного положения скоплений сайки. В теплые годы, к которым в первую очередь относятся 2000 и 2001 гг., скопления сайки наибольшей плотности, основу которых составляла рыба в возрасте 3 и 4 лет, были «прижаты» к западному побережью архипелага Новая Земля. В теплые 2002 и 2005 гг. основные скопления находились на некотором отдалении от берегов, что связано с неодинаковым влиянием термических условий на сайку различных возрастов (Печеник, Пономаренко, Шепель, 1973), так как в эти годы в скоплениях преобладали рыбы в возрасте 2 лет. Наиболее отчетливо влияние теплового состояния вод на распределение сайки прослеживается в 2004 г. Для северных районов восточной части моря этот год был классифицирован как холодный, и основные концентрации сайки в этом году имели самое западное распределение. Следует также отметить, что ареал сайки в 2004 г. был наибольшим за период с 2000 по 2005 г.

Промысел сайки в октябре-декабре проходит в традиционных для этого периода года районах вблизи архипелага Новая Земля. Характерной особенностью некоторых лет является отсутствие промысла сайки в северо-восточных районах и сосредоточение в юго-восточных районах и наоборот. Для выяснения причин этих отличий анализировались как условия

среды в этот период, так и биологическое состояние рыбы. Использовались оценки общего и промыслового запасов сайки в восточной части моря Баренцева моря по результатам экосистемной съемки в августе-сентябре. Сложность проведения анализа условий среды заключалась в том, что в октябре-ноябре океанографические наблюдения в восточной части Баренцева моря практически не проводятся. Имеются данные только для августа-сентября, когда проводится экосистемная съемка. С учетом инерционности процессов и времени наступления сезонного максимума температуры в придонном слое был определен диапазон температуры, при которой сайка встречалась в октябре, с использованием данных по температуре в августе-сентябре. В различные годы площадь, занимаемая водами с придонной температурой, соответствующей определенному выше диапазону, различна, а следовательно, различаются как районы образования промысловых скоплений сайки, так и их плотность. Обычно промысел сайки в октябре ведется к западу от побережья северного и юго-западнее южного из о-вов архипелага Новая Земля, но не западнее 50° в.д., поэтому были рассчитаны площади, которые занимают придонные воды с температурой от минус 1,9 до $0,0^{\circ}\text{C}$ в августе-сентябре для двух районов, расположенных восточнее 50° в.д.: северного и южного. Для классификации лет по условиям среды было выделено 4 типа: 1 – когда площадь, занятая придонными водами с отрицательной температурой, как в северном, так и в южном районе была много меньше среднемноголетней, 2 – меньше среднемноголетней, 3 – больше среднемноголетней, 4 – намного больше среднемноголетней. Исходя из того, что каждой паре (запас-тип года) должны соответствовать свои закономерности распределения промысловых скоплений рыб, было проведено моделирование пространственного положения возможных районов промысла сайки в зависимости от условий среды и биологического состояния объекта. Результаты исследований позволяют прогнозировать возможное распределение сайки по определенному типу в осенне-зимний период по данным величины ее запаса и характеру распределения температуры воды в августе-сентябре.

В разделе 4.2 рассматриваются термохалинные условия формирования промысловых скоплений трески и предложен метод прогноза северо-восточной границы ее нагульного ареала.

Несмотря на длительный период изучения влияния параметров среды на распределение трески, сведения о значениях температуры воды, при которых чаще всего треска создает промысловые скопления, были получены при анализе небольшого объема данных. В отдельных случаях исследователи указывают либо на довольно широкий диапазон температуры, либо на вылов трески в водах с аномальными температурами.

В данной работе на основе большого объема ретроспективного промыслово-биологического материала (с 1967 по 2004 г.) и данных

океанографической базы был определен диапазон придонной температуры, при котором треска встречалась на востоке моря в августе-декабре. Под «встречаемостью» понимается присутствие трески на конкретном участке акватории (в промысловом квадрате) независимо от ее количества в улове. В результате обозначены районы встречаемости трески (рис. 5) и отмечено, что в восточной части моря треска может встречаться в широком диапазоне температуры (например, в сентябре от минус 1,9 до 9,1 °С).

Далее проводилось выделение такого диапазона температуры, при котором промысловые концентрации трески облавливались наиболее часто, поскольку именно он представляет наибольший интерес в практическом аспекте. Так, в августе 75,6 % всей трески было выловлено в водах с температурой от 0,5 до 2,5 °С, причем наибольший вылов рыбы (48 %) был зарегистрирован в промысловых квадратах, где придонная температура находилась в пределах от 1,0 до 2,0 °С.

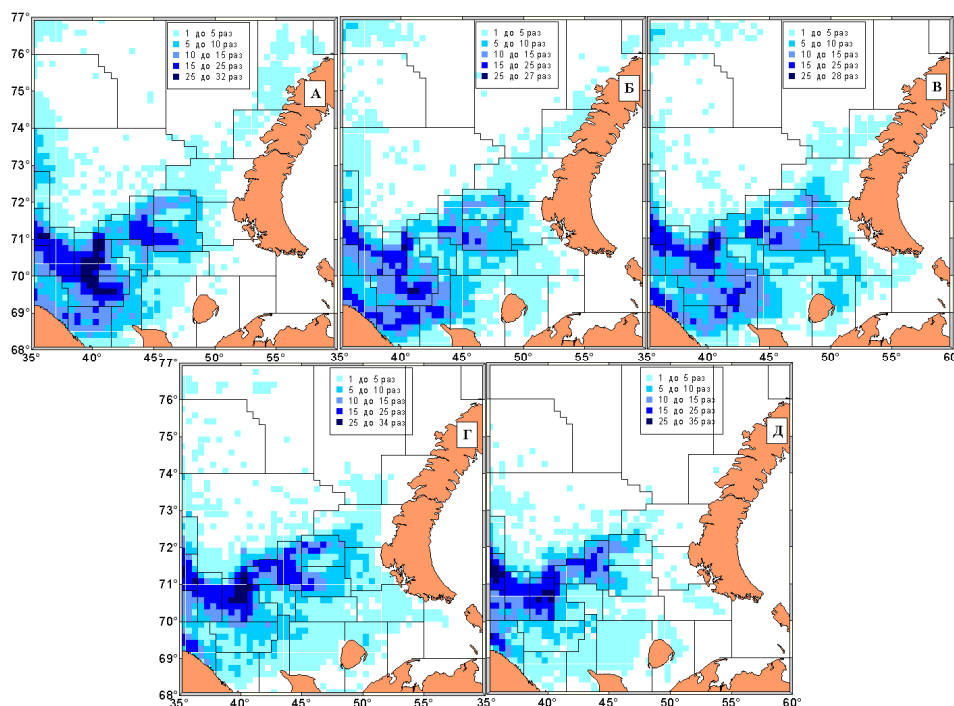


Рис. 5. Промысловые квадраты, в которых треска встречалась в августе (А), сентябре (Б), октябре (В), ноябре (Г) и декабре (Д) 1967-2004 гг.

Чаще всего ученые искали связь распределения трески с температурой как с индикатором, который можно легко измерить даже в условиях промысла. Однако, систематизируя существующие знания о влиянии абиотических факторов на рыб, И. Хела и Т. Левасту (1970) не исключали того, что химические свойства морских вод влияют на поведение и распределение рыб. Проведенный анализ показал, что в 81,7 % рыба была добыта в водах с соленостью от 34,65 до 34,90. При этом

на участках, где соленость воды составляла 34,80-34,85, треска была выловлена в максимальном количестве (36,3 %). По аналогичной схеме был проведен анализ распределения трески, а также температуры и солености воды придонного слоя для сентября-декабря (табл. 3).

Таблица 3

Диапазоны оптимальной температуры и солености вод придонного слоя и вылов трески (% , под чертой) в августе-декабре

Месяц	Температура, °С	Соленость
Август	0,5-2,5	34,65-34,90
	75,6	81,7
Сентябрь	0,0-2,0	34,75-35,00
	80,0	83,4
Октябрь	0,0-3,5	34,65-34,95
	70,4	81,7
Ноябрь	1,0-4,0	34,70-35,00
	80	84,0
Декабрь	0,5-3,5	34,80-35,00
	79,0	79,0

С учетом проведенных исследований были построены диагностические композиционные схемы с оптимальными термохалинными условиями и промыслом трески в августе-декабре. В качестве примера на рис. 6 показано распределение температуры и солености в придонном слое, а также вылов трески в августе 1981 и 2004 гг.

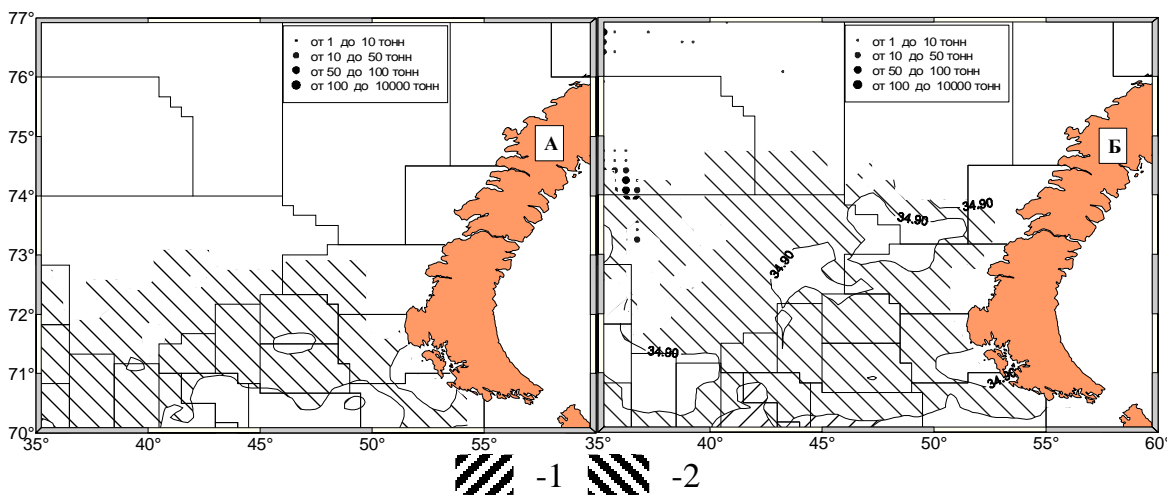


Рис. 6. Распределение оптимальных температуры (1) и солености (2) воды и вылова трески в августе 1981 г. (А) и 2004 г. (Б)

Одним из факторов, который влияет на эффективность промысла трески в восточной части Баренцева моря в период нагула, является ее распределение и сроки начала возвратных миграций, показателем которых

может служить положение северо-восточной границы ареала рыбы (Ханайченко, Козлова, 1961; Треска Баренцева моря..., 2003).

В настоящей работе поиск факторов, влияющих на положение северо-восточной границы распределения трески в августе-сентябре, осуществлялся методом пошаговой множественной регрессии с использованием процедуры включения предикторов. В качестве независимых переменных использовались средняя температура воды различных ветвей течений на разрезе «Кольский меридиан» в период с января по июль, средняя температура вод разного генезиса (см. раздел 3.2) и выделенные из ее многолетних колебаний доминирующие в спектре циклические составляющие. В состав факторов также были включены биомасса общего и нерестового запасов и возрастная структура трески, а также величина общего запаса сайки как одного из основных кормовых объектов трески. В качестве зависимой переменной принималась северо-восточная граница промысла трески (градус восточной долготы) в августе-сентябре за период с 1970 по 2004 г.

Проведенный дисперсионный анализ свидетельствует о хорошем качестве модели и ее высоком информационном уровне. Коэффициент детерминации (R^2) равен 0,83. Наибольший вклад (42 % дисперсии) приходится на общий запас трески в предшествующем году, далее идут температура воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» в июне текущего года (22 %), 8-11-летний цикл средней температуры вод Северо-Новоземельской возвышенности (15 %), а также общий запас сайки в предшествующем году (4 %).

Таким образом, с увеличением общего запаса трески и сайки, а также при повышении температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» протяженность нагульных миграций трески в северо-восточном направлении увеличивается, а с повышением температуры воды на акватории к западу от архипелага Новая Земля, т.е. на путях миграции сайки к югу, – сокращается.

Методическая оправдываемость прогноза положения северо-восточной границы распределения трески на зависимом материале ($n=35$) составила 91 % при оправдываемости климатического прогноза 51 %.

Расчеты положения северо-восточной границы распределения трески в 2005 и 2006 гг. (данные этих лет не участвовали в определении коэффициентов прогностического уравнения), проведенные с использованием полученного уравнения линейной множественной регрессии, показали, что отклонение прогностической величины от фактической в 2005 г. составило $0,45^\circ$, а в 2006 г. – $1,15^\circ$, что значительно меньше среднеквадратического отклонения ($\sigma = 4,15^\circ$).

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы:

1) С использованием сформированной базы океанографических данных за 1951-2005 гг. выполнены расчеты климатических значений термohалинных показателей вод различных слоев в узлах регулярной сетки и проанализирована их пространственная изменчивость.

2) Максимальные значения температуры воды в слое 0-20 м на большей части акватории Баренцева моря в августе-сентябре наблюдались в 2000-2005 гг., а минимальные – в 1960-е годы. В слое 75 м-дно в этот период рост температуры воды был менее значителен. Высокий теплозапас вод этого слоя наблюдался в 1990-е годы, а самый низкий уровень тепло-содержания вод в этом слое был в 1970-е годы.

Повышенная соленость вод слоя 0-20 м и 75 м-дно в августе-сентябре чаще всего наблюдалась в 1950-е и 1970-е годы. Наибольшая площадь Баренцева моря с минимальной соленостью воды была отмечена в слое 0-20 м в 1980-е, 1990-е и 1960-е годы, а в слое 75 м-дно в 1960-1980-е годы.

3) В межгодовых колебаниях средней температуры воды в слое 0-20 м для всей восточной части Баренцева моря выделен возрастающий линейный тренд, описывающий около 16 % дисперсии исходного ряда. В слое 75 м-дно линейный тренд вносит около 10 % дисперсии. В межгодовых колебаниях средней солености воды присутствует полиномиальный тренд 2-й степени, который в слое 75 м-дно вносит 34 % в ее изменчивость, а в слое от поверхности до дна – 18 %.

4) Оценка сопряженности средней температуры воды для восточной части Баренцева моря в августе-сентябре с гидрометеорологическими параметрами показала максимум статистической связи температуры воды с температурой воздуха в апреле и с ледовитостью в июле.

Высокая корреляционная связь средней температуры воды Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» в мае с температурой воды восточной части Баренцева моря в августе-сентябре наблюдается только в зоне вод атлантического происхождения.

Межгодовые колебания солености вод верхнего 20-метрового слоя на большей части акватории восточной части Баренцева моря в августе-сентябре в основном определяются местными факторами и мало зависят от солености поступающих сюда атлантических вод. Максимальные коэффициенты корреляции были обнаружены между соленостью в слое 50-200 м в потоке Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» в мае и соленостью в слое 75 м-дно на востоке в августе-сентябре.

5) Спектральный состав колебаний температуры воды атлантических и баренцевоморских вод наиболее близок, поскольку последние являются продуктом трансформации вод атлантического генезиса. В отличие от атлантических вод в межгодовых колебаниях температуры воды Северо-Новоземельской и Центральной возвышенностей значительный вес

имеют высокочастотные колебания, а также присутствует полиномиальный тренд.

6) Выполнена типизация лет путем сравнения площадей, занятых водами с различными диапазонами температуры в различных слоях, и получено среднее распределение температуры воды для каждого класса, а также количественные показатели, которые могут использоваться для диагноза и прогноза пространственной структуры полей температуры воды на всей акватории или на ее отдельных участках, что необходимо для разработки и дальнейшего совершенствования промысловых прогнозов.

7) Сформированы матрицы «ситуаций лет-аналогов», учитывающие состояние запаса сайки и площадь, занятую придонными водами с оптимальным для образования ее промысловых скоплений диапазоном температуры, с помощью которых можно прогнозировать наиболее вероятные районы распределения и перемещения рыбы.

Разработана многомерная статистическая модель для прогноза положения северо-восточной границы нагульного ареала трески и промысловой обстановки при облове трески на востоке Баренцева моря. В качестве предикторов используется температура воды, а также запасы трески и ее основного кормового объекта – сайки.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

Метод комплексного прогнозирования промысловых скоплений преднерестовой сайки Баренцева моря//Вопросы рыболовства.–2000. – Т.1. № 2-3, ч.1. – С. 106-107. (соавторы Ю.А. Бочков, М.Ю. Анциферов)

Метод расчета интегральных характеристик термохалинного состояния вод на основе эпизодических океанографических наблюдений//Материалы отчетной сессии ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ в 1998-1999 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2000. – Ч.1. – С. 156-163. (соавтор М.Ю. Анциферов)

Распределение среднегодовых гидрометеорологических характеристик в восточной части Баренцева моря в августе и сентябре за период 1972-2001 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2002. – 73 с. (соавтор М.Ю. Анциферов)

Метод прогноза придонной температуры в Баренцевом море на основе классификации ее распределения//Тез. докл. 12 Международной конференции по проблемам промысловой океанологии. – Калининград, 2002. – С. 19-21. (соавтор М.Ю. Анциферов)

Распределение среднегодовых гидрометеорологических характеристик в восточной части Баренцева моря в октябре-декабре 1972-2001 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – 90 с. (соавтор М.Ю. Анциферов)

Методика прогноза класса распределения придонной температуры воды в Баренцевом море//Тезисы докладов отчетной сессии ПИНРО и СевПИНРО по итогам научно-исследовательских работ в 2001-2002 гг. –

Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – С. 107-108. (соавтор М.Ю. Анциферов)

Об использовании океанографических данных на стандартных разрезах Баренцева моря для определения перспективных участков промысла трески//Тез. докл. IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. – С.270-272. (соавторы А.П. Педченко, А.Л. Карсаков)

Календарь промысла сайки в 1972-2002 гг./Сост. Ахтарина Т.А., Гузенко В.В. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. – 138 с.

Прогноз перспективных для промысла сайки районов в восточной части Баренцева моря//Тез. докл. IX всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. – С.219-220.

Океанографические наблюдения в Баренцевом море и сопредельных водах в 1900-2000 гг. (метаданные) Ч. 1., 1961-2000 гг., вып. 1, 1961-1977 гг./ Сост. Бойцов В.Д., Гузенко В.В., Карсаков А.Л. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. – 657 с.

Океанографические наблюдения в Баренцевом море и сопредельных водах в 1900-2000 гг. (метаданные) Ч. 1., 1961-2000 гг., вып. 2, 1978-2000 гг./ Сост. Бойцов В.Д., Гузенко В.В., Карсаков А.Л. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2005. – 699 с.

Влияние океанографических условий на миграцию, распределение и промысел трески в Медвежинско-Шпицбергенском районе Баренцева моря//Материалы Международной конференции «Поведение рыб». –Борок, М: АКВАРОС, – 2005. – С. 437-442. (соавторы А.П. Педченко, А.Л. Карсаков)

Климатические изменения в Баренцевом море в конце XX-начале XXI веков и их биологические последствия//Тез. докл. Международной научной конференции, посвященной 135-летию ИнБЮМ. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – С.31. (соавторы А.П. Педченко, А.Л. Карсаков)

Мониторинг морской среды в Баренцевом море, состояние и перспективы//Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем. Материалы Международной научной конференции. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 171-174. (соавторы А.П. Педченко, А.Л. Карсаков)

Океанографические наблюдения в Баренцевом море и сопредельных водах в 1900-2000 гг. (метаданные) Ч. 2., 1900-1961 гг./ Сост. Бойцов В.Д., Гузенко В.В., Карсаков А.Л. - Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2007. (в печати)

Океанографические особенности формирования планктонного сообщества в северо-восточной части Баренцева моря в аномально теплые годы //Вопросы рыболовства.–2007. – Т.8. № 2 (30), – С. 195-208. (соавторы Э.Л. Орлова, В.Н. Нестерова, О.В. Габова) **(Работа опубликована в издании, входящем в перечень ВАК).**



Подписано в печать 05.09.07 г.

Уч.-изд. л. 1,7.

Усл. печ. л. 1,4.

Заказ 12.

Формат 60x84/16.

Тираж 100.

183038, Мурманск, ул. Книповича, 6, ПИПРО.