

Врабел  
#  
МУРМАНСКИЙ МОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 551.46 (268.45)

Карсаков Алексей Леонидович

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМА ВОД  
БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ПО НАБЛЮДЕНИЯМ НА ВЕКОВОМ РАЗРЕЗЕ  
«КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН»)**

Специальность 25.00.28 – «Океанология»

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

МУРМАНСК  
2010

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

Научный руководитель: кандидат географических наук  
Ионов Виктор Владимирович

Научный консультант: кандидат географических наук  
Педченко Андрей Петрович

Официальные оппоненты: доктор географических наук  
Денисов Владимир Васильевич  
кандидат географических наук  
Иванов Борис Вячеславович

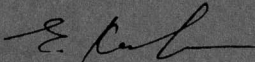
Ведущая организация: Российский государственный  
гидрометеорологический университет (РГГМУ)

Защита состоится «10» марта 2010 г. в 11 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 002.140.01 Мурманского морского биологического института

Адрес: 183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ММБИ

Автореферат разослан «22» января 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, к.г.н.  Е.Э. Кириллова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы.

Основным источником современных знаний об особенностях сезонных и многолетних изменений океанографического режима Баренцева моря являются данные наблюдений *in situ*, выполняемых на стандартных разрезах. Уникальным по длительности является ряд океанографических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан», который расположен в центральной части моря вдоль 33°30' в.д. Впервые океанографические работы были проведены на нем в 1900 г. и к настоящему времени разрез выполнен более 1100 раз.

Наблюдения на разрезе «Кольский меридиан» лежат в основе большого количества исследований крупномасштабных изменений гидрометеорологических процессов и их биолого-промысловых последствий, не только в Баренцевом море, но и на акватории Северо-Европейского бассейна и Северной Атлантики. В настоящее время этот разрез является единственным в Северной Атлантике, на котором проводятся ежемесячные океанографические наблюдения. В связи с возрастанием неустойчивости климатических систем Северного полушария еще больше увеличивается его значимость для выявления долговременных изменений морского климата Баренцева моря и оценки их влияния на экосистему моря.

Работа выполнена на основе фондовых материалов ПИНРО.

Цель и задачи работы. Цель настоящей работы – систематизировать и обобщить океанографические данные на стандартном разрезе «Кольский меридиан» за период наблюдений с 1900 по 2005 г и выявить закономерности и особенности пространственно-временных изменений термохалинных показателей вод на разрезе.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решались следующие задачи:

- оценить объем всей имеющейся в архиве ПИНРО океанографической информации по району Баренцева моря в XX веке и создать базу метаданных;
- обобщить и систематизировать все имеющиеся к настоящему времени в ПИНРО океанографические материалы по разрезу «Кольский меридиан» и создать информационный массив данных по разрезу;
- на основе данных 1900-2005 гг. изучить пространственно-временные изменения термохалинного состояния вод на разрезе «Кольский меридиан»;
- изучить внутреннюю структуру колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан»;
- разработать методику долгосрочного прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» как индикатора теплового состояния вод южной части Баренцева моря.

✓ Научная новизна. Определен общий объем отечественных океанографических наблюдений на акватории моря, выполненных в течение

XX века, и создана база метаданных. Впервые обобщены и систематизированы все океанографические материалы по разрезу «Кольский меридиан» за период 1900-2005 гг. и создан информационный массив данных по разрезу. При этом в информационный массив включены ранее неиспользованные материалы, в результате чего количество случаев выполнения разреза увеличилось почти на 10 %.

На основе систематизированных данных по «Кольскому меридиану» рассчитаны климатические нормы, максимальные и минимальные значения, среднеквадратические отклонения, амплитуды (размах) сезонных и межгодовых колебаний температуры и солености воды по всей площади разреза за период 1900-2005 гг. Проведен анализ многолетней пространственно-временной изменчивости температуры и солености вод на разрезе, выполнена классификация лет по термохалинным условиям за период с 1900 по 2005 г.

Разработана методика долгосрочного прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», которая имеет хорошую методическую оправданность.

#### **Практическая ценность.**

Метаописание океанографических исследований Баренцева моря способствует более эффективному использованию имеющихся массивов при решении различных задач, включая создание электронных океанографических атласов, получение информации по любому объему собранных данных, количеству измеренных параметров и районам исследований в отдельных рейсах для различных целей, в том числе и для оценки вклада Российской Федерации в изучение океанографического режима этого региона Мирового океана.

Выявленные особенности пространственно-временной изменчивости термохалинного режима вод на разрезе «Кольский меридиан» используются специалистами ПИНРО для решения различных задач в области промысловой океанографии, в том числе, для выявления долговременных изменений морского климата Баренцева моря и их влияние на экосистему моря.

Методика долгосрочного прогнозирования теплового состояния вод южной части Баренцева моря, представленная в работе, успешно применяется в практике как составная часть рыбопромысловых прогнозов ПИНРО.

#### **Личный вклад автора.**

Автор лично принимал участие в планировании океанологических работ и сборе данных в научно-исследовательских экспедициях ПИНРО в Баренцевом море в 1992-2005 гг., в которых неоднократно проводил наблюдения на вековом разрезе «Кольский меридиан».

При непосредственном участии автора в ПИНРО создана база метаданных океанографических наблюдений в Баренцевом море в XX веке,

систематизированы и обобщены данные на вековом разрезе «Кольский меридиан» за всю историю наблюдений 1900-2005 гг.

В работах, выполненных в соавторстве, вклад автора заключался в обобщении, анализе полученных океанографических данных и разработке методик прогнозирования.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

– метаописание отечественных океанографических исследований в Баренцевом море и сопредельных с ним водах в XX столетии;

– информационный массив данных и обобщенный каталог океанологических материалов по разрезу «Кольский меридиан» за период 1900-2005 гг.;

– результаты анализа пространственно-временных изменений термохалинного состояния вод на разрезе «Кольский меридиан» за 105-летний ряд наблюдений;

– комплексный метод прогноза теплового состояния вод на разрезе «Кольский меридиан».

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на конференции молодых ученых посвященной 80-летию ПИНРО (Мурманск, 2001 г.), на VII и IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования (Мурманск, 2001 и 2004 гг.), на отчетной сессии ПИНРО и СевПИНРО по итогам научно-исследовательских работ (Мурманск, 2003 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), на Международной научной конференции «Проблемы биологической океанографии XXI века» (Севастополь, 2006), на Международной научной конференции «Проблемы устойчивого функционирования водных и наземных экосистем» (Ростов-на-Дону, 2006), 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.), на XIV конференции по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию (Калининград, 2008 г.).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 199 страниц, включая 12 таблиц, 68 рисунков и 3 приложения. Список литературы содержит 136 источников.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 21 печатная работа, из которых 3 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

*В первой главе* приведено физико-географическое описание района исследований: местоположение, морфометрические характеристики, особенности рельефа дна, даны общие черты циркуляции вод, полей температуры, солёности, охарактеризованы деятельность атмосферы над акваторией Баренцева моря, а также особенности ледовых условий этого района.

В историческом обзоре представлены основные этапы развития океанографических исследований в Баренцевом море в XX веке, начало целенаправленного изучения которого положила Мурманская научно-промысловая экспедиция 1898-1906 гг. на э/с «Андрей Первозванный», организатором которой был Н.М. Книпович. Российские мореведческие организации на протяжении XX столетия внесли большой вклад в организацию и выполнение регулярных океанографических наблюдений, систематизацию и анализ данных с целью установления закономерностей сезонных и многолетних изменений океанографических условий в Баренцевом море и их использовании в решении теоретических и практических задач в области океанологии.

*Вторая глава* посвящена материалам и методам, используемым в работе.

Информационной основой для написания данной работы послужили справочные материалы океанографических наблюдений в Баренцевом море и сопредельных водах в 1900-2000 гг. (Океанографические наблюдения в Баренцевом море..., 2005а, 2008а), которые представляют собой метаописание всех рейсов, выполненных специалистами различных отечественных организаций на акватории Баренцева моря, первичные материалы которых имеются в архиве ПИНРО. Они отражают межгодовую обеспеченность океанографическими наблюдениями акватории Баренцева моря и сопредельных вод в XX веке. За 100-летний период с 1900 по 2000 г. на рассматриваемой акватории было проведено 2123 рейса, в которых выполнено около 190 тыс. океанографических станций.

Океанографические исследования на стандартных разрезах в Баренцевом море имеют уже довольно большую историю, а ряд наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» является наиболее продолжительным в исследуемом регионе, поскольку он имеет не только более чем 100-летнюю историю наблюдений, но и высокое временное разрешение.

В работе был рассмотрен участок разреза с  $69^{\circ}30'$  до  $74^{\circ}00'$  с.ш., что соответствует первым десяти станциям. Эти станции расположены в области распространения вод Прибрежной (станции 1-3) и Основной (станции 3-7)

ветвей Мурманского и Центральной ветви Нордкапского (станции 8-10) течений и являются наиболее часто выполняемыми (рис. 1). Для анализа результатов исследований впервые использована норма за весь период наблюдений 1900-2005 гг. Относительно этого интервала рассчитывались и другие статистические характеристики температуры и солёности вод.

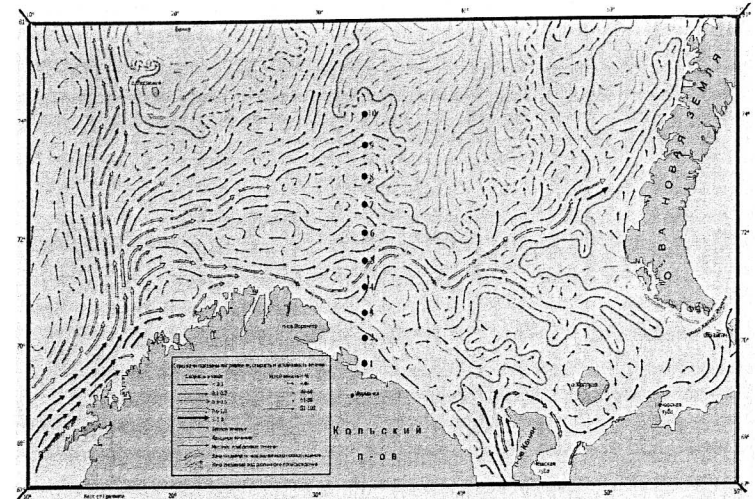


Рис. 1 Положение разреза «Кольский меридиан» (станции №1-10) и схема преобладающих поверхностных течений в Баренцевом море

Анализ, выполненный автором показал, что сведения о выполнении наблюдений на разрезе в различных источниках имеют довольно большие различия, поэтому автором была проведена систематизация всех доступных в настоящее время океанографических данных по «Кольскому меридиану», имеющихся в архивах ПИНРО.

За период 1900-2005 гг. общее число лет, когда на разрезе «Кольский меридиан» проводились глубоководные наблюдения (с учетом пропусков 1907-1920, 1942-1944 гг.), составляет 89, при этом количество серий наблюдений за температурой – 1104, а за солёностью 976 (рис. 2). При этом, серий наблюдений считалось последовательное выполнение не менее трех станций разреза, не считая дополнительных.

При изучении частотной структуры многолетних изменений температуры воды на разрезе применялся ряд методов анализа временных рядов: периодограммный анализ, спектральный анализ и метод некранных частот. Основные статистические показатели точности прогностических уравнений, а также оценки оправданности, разработанных методов прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» проводились согласно «Инструкции по

оценке качества методов и оправдываемости морских гидрологических прогнозов» (1965).

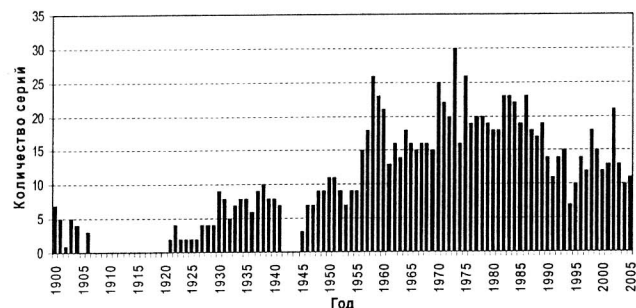


Рис. 2. Количество серий наблюдений за температурой воды на разрезе «Кольский меридиан» в 1900-2005 гг.

В *третьей* главе рассмотрены особенности изменений океанографического режима вод Баренцева моря на разрезе «Кольский меридиан» за период 1900-2005 гг.

В первой части третьей главы проведен обзор океанографических исследований на разрезе и их роль в изучении режима Баренцева моря. По мере накопления материалов наблюдений на «Кольском меридиане», многие специалисты (П.А. Геворкянц, А.А. Зверев, Г.Н. Зайцев, К.А. Седых, Н.К. Ханайченко, Р.Н. Сарынина, Б.П. Кудло, Ю.А. Бочков, В.В. Терещенко, Л.И. Боровая) занимались расчетом, приведением и формированием рядов средневзвешенных термохалинных характеристик воды на разрезе. Эти данные использовались многими исследователями для объективной оценки и прогнозирования урожайности отдельных поколений, динамики численности промыслового запаса основных промысловых рыб не только в Баренцевом море, но и во всем Северном рыбопромысловом бассейне (Северо-Западная Атлантика, Норвежское и Гренландское моря). К сожалению, начиная с 1999 г. стандартные разрезы Баренцева моря, кроме «Кольского меридиана» выполняются крайне нерегулярно, поэтому этот разрез является сейчас единственным объективным показателем межгодового уровня термохалинного состояния вод рассматриваемой акватории.

Во второй части третьей главы автором были впервые систематизированы все имеющиеся материалы по температуре и солености на «Кольском меридиане» за 105-летний период его выполнения. Все данные были взяты из электронной базы данных и первичных материалов морских наблюдений (гидрологических журналов), имеющихся в архивах ПИНРО. Следует отметить, что количество случаев выполнения разреза, статистика по которому велась с 60-70-х годов прошлого столетия (Терещенко, Боровая, 1985;

Терещенко, 1997, 1999), в результате проведения этих работ увеличилось почти на 10 %.

На основе полученных данных были рассчитаны среднееголетние значения по температуре и солености воды по каждой станции и каждому горизонту разреза «Кольский меридиан». Учитывая то, что в отдельные годы разрез выполнялся не регулярно, особенно в первой половине 20 века, количество лет участвующих в расчете среднемесячных значений также различно (рис. 3).

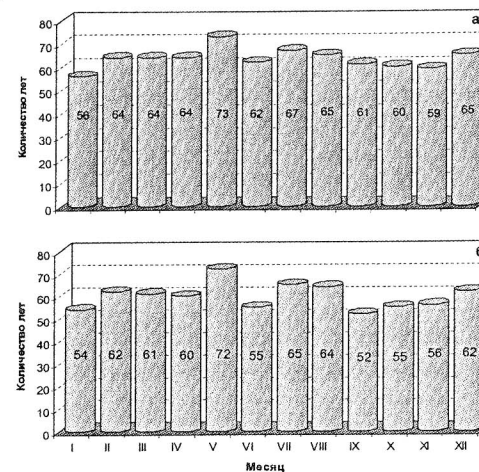


Рис. 3. Количество лет, принятых для расчета месячных норм по температуре (а) и солености (б) вод на разрезе «Кольский меридиан»

Как видно из рисунка, наиболее продолжительный период для расчета среднееголетней температуры и солености мы имеем в мае, а наименьший – в январе. Средний период для расчета среднееголетней температуры воды составляет 63 года, а для солености – 60 лет.

На основе полученных среднееголетних характеристик в работе был проведен анализ сезонного и межгодового хода температуры и солености воды на каждой станции разреза по стандартным горизонтам.

Сезонный размах колебаний температуры воды значительно более выражен, чем у солености. Тем не менее, максимальный сезонный размах у обеих характеристик, наблюдается в верхнем 50-метровом слое. Причем, наибольшие его значения прослеживаются на прибрежных станциях разреза. Глубже 50 м размах их сезонных колебаний уменьшается, причем у солености не только с глубиной, но и по направлению с юга на север.

Сезонный минимум температуры воды на первых двух станциях и в верхнем 150-метровом слое практически во всей толще разреза наступает в

апреле. В глубинных слоях время наступления сезонного минимума несколько запаздывает. Чаще всего значительное запаздывание внутригодового минимума температуры воды вблизи дна по сравнению с вышележащими слоями наблюдается на участках между стрежнями течений, где горизонтальный и вертикальный перенос водных масс ослаблен. Время наступления сезонного максимума температуры воды в отличие от сезонного минимума имеет ярко выраженное запаздывание с глубиной. Время наступления максимума температуры по глубине определяется интенсивностью формирования квазиоднородного слоя по температуре воды и его вертикальной протяженностью. В верхнем 20-метровом слое он наступает в августе и далее с глубиной происходит его постепенное запаздывание. В результате в придонном слое время наступления сезонного многолетнего максимума температуры воды колеблется от октября на станциях 2 и 5 до января на станциях 3, 4, 7 и 10.

Сезонный ход солености воды на разрезе «Кольский меридиан» в отличие от температуры носит менее правильный характер. В верхнем 50-метровом слое изменения солености характеризуется одним минимумом - август-сентябрь и одним максимумом - январь-апрель. Исключение составляют северные станции разреза, где до глубин 50 м сезонный максимум наблюдается в декабре. Соленость в верхних слоях воды почти исключительно зависит от местных факторов, поэтому летний минимум солености обусловлен в большей степени усилением речного стока и увеличением количества осадков, а зимний максимум вызван в основном ослаблением берегового стока с одной стороны и увеличением поступления атлантических вод с другой (Седых, 1958). В глубинных и придонных слоях определить время наступления сезонных минимумов и максимумов не представляется возможным, так как по многолетним данным величина солености здесь в течение года практически не изменяется (размах колебаний менее 0,05).

Размах межгодовых колебаний температуры воды значительно ниже сезонных в водах Прибрежной ветви Мурманского течения и в поверхностном слое по всей протяженности разреза. В тоже время в промежуточных и придонных слоях роль межгодовых изменений температуры воды в формировании термического режима значительно превышает сезонные. Размах межгодовых колебаний солености вод в отличие от температуры превышает сезонные по всей площади разреза.

В работе рассмотрена связь между термохалинными характеристиками вод на разрезе «Кольский меридиан» и показателем среднегодовой общей ледовитости Баренцева моря за период 1951-2005 гг. (рис. 4аб). В результате установлено, что увеличение адвекции вод атлантического происхождения теплыми течениями в южную часть Баренцева моря оказывает влияние на ледовые условия. При этом характер связи обратный, т.е. при повышении температуры и солености (на северных станциях разреза) происходит понижение общей ледовитости моря. С другой стороны, наличие льда на

северных участках разреза влияет на солезапас поверхностных вод в районе 8-10 станций, т.е. в годы с повышенной ледовитостью соленость поверхностных вод понижается и наоборот (см. рис. 4б).

В работе вновь проанализирована связь между температурой и соленостью вод на разрезе за весь период наблюдений 1900-2005 г. (рис. 4в) Для Прибрежной ветви Мурманского течения и верхнего 100-150-метрового слоя Основной ветви Мурманского течения связь между изменениями температуры и солености слабая или имеет обратный знак. Значимые коэффициенты корреляции отмечаются лишь в глубинных слоях (150 м и глубже) в Основной ветви Мурманского течения и во всей толще в северной части разреза «Кольский меридиан» в водах Центральной ветви Нордкапского течения. Таким образом, в годы с повышенным теплосодержанием вод южной части Баренцева моря отмечается распределение Прибрежной и Основной ветвей Мурманского течений и осолонение вод Центральной ветви Нордкапского течения.

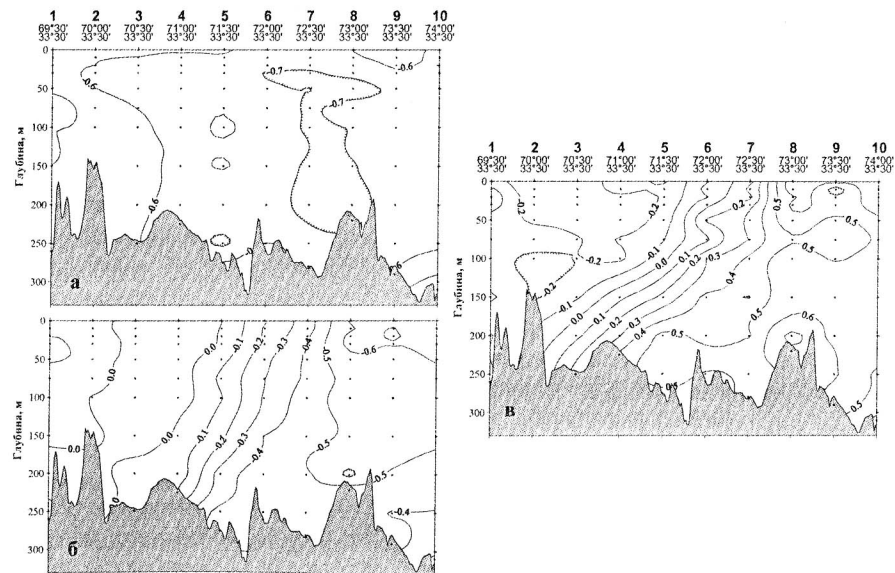


Рис. 4. Распределение коэффициентов корреляции между изменениями среднегодовой температуры (а), солености (б) воды на разрезе «Кольский меридиан» с общей ледовитостью Баренцева моря в 1951-2005 гг. и между среднегодовой температурой и соленостью воды (в) за период 1900-2005 гг.

Для наглядного представления об общем уровне теплового и халинного состояния вод южной части Баренцева моря на разрезе «Кольский меридиан» за

весь период наблюдений 1900-2005 гг. в работе представлено распределение среднегодовых аномалий температуры и солености воды на каждой станции разреза. Проведена классификация температурного и халинного состояния вод и выделены отдельные долговременные периоды потепления и похолодания, а также годы с повышенным и пониженным солезапасом, отмечаемых за последние 105 лет.

**Четвертая глава** посвящена вопросам прогнозирования температуры воды на разрезе «Кольский меридиан».

В первой части главы представлен обзор основных методик прогнозирования температуры воды на разрезе различной заблаговременности, разработкой и совершенствованием которых в ПИПРО занимаются уже более 40 лет. Многолетние исследования в этой области показали, что существуют значительные трудности в разработке универсальных схем прогноза. Поэтому выбор различных вычислительных процедур при формировании способа прогнозирования температуры воды должен базироваться на оценках качества исходных данных, характеризующих его изменчивость и предикторов (если таковые используются), физической обоснованности их применения, продолжительности наблюдений.

Для разработки методики прогнозирования во второй части главы проведен анализ внутренней структуры колебаний температуры воды на разрезе. С помощью периодограммного анализа, спектрального анализа и метода некранных частот за период 1900-2004 гг. были определены основные элементы внутренней структуры колебаний исследуемого параметра. При спектральном разложении задавался различный максимальный сдвиг автокорреляционной функции. Наибольшего разрешения спектра удалось получить при сдвиге, соответствующем примерно трети длины реализации. Все три метода дали примерно одинаковый частотный состав межгодовых колебаний температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» (Рис.5)

Основными энергонесущими локальными максимумами, превышающими уровень «красного шума», являются следующие: низкочастотная составляющая с периодичностью больше 50 лет, компоненты со средними периодами 14-17, 8-10, 5 лет и 2-3 года. Присутствие долгопериодного тренда указывает на наличие нестационарности по математическому ожиданию.

Для исследования нестационарности с помощью метода некранных частот (Schiekedanz, Bowen, 1977) была рассчитана частотная структура изменчивости среднегодовой температуры воды и температуры воздуха на станции Варде для нескольких периодов: 1900-2004 гг. (весь ряд наблюдений), 1900-1950 гг. и 1951-2004 гг., характеризующих особенности первой и второй половины прошлого столетия и 1971-2004 гг., позволяющей установить основные закономерности ее колебаний в последнее тридцатилетие.

Для второй половины 20 и начала 21 века (1951-2004 гг.), а также для современного периода (1971-2004 гг.), спектральный состав временных рядов

температуры воды и воздуха наиболее близок и характеризуется доминированием циклических вариаций, имеющих продолжительность 14-16, 7-10, 4-5 и 2-3 года. Причем для современного периода наиболее мощными из них являются циклы с периодом 14-16 и 7-10 лет. Они описывают в сумме более 50% общей изменчивости ряда.

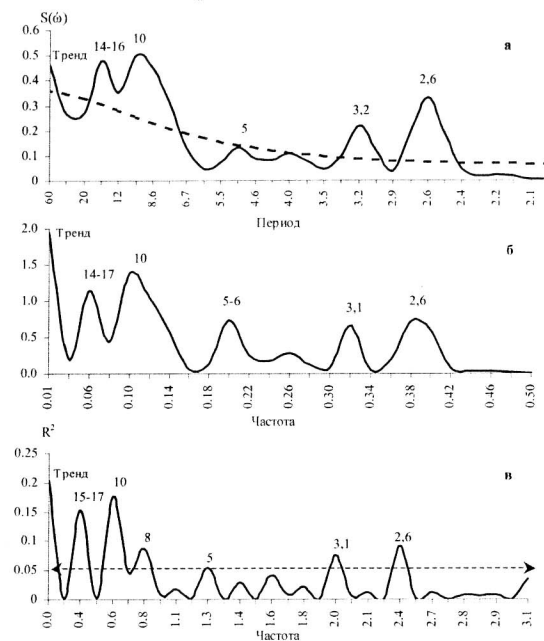


Рис. 5 Спектр (а) периодограмма (б), гармоникограмма (в) колебаний среднегодовой температуры воды слоя 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» по данным 1900-2004 гг.

(над пиками указан период в годах; на верхнем рисунке пунктир – спектр «красного шума», нижнем – пороговый уровень значимости коэффициента детерминации)

В качестве дополнительной проверки их устойчивости во времени, были проведены расчеты спектрального состава, начиная с максимальной длины выборки в 105 членов (1900-2004 гг.), с последующим сокращением ее продолжительности на каждом шаге расчетов на 1 год до длины ряда в 30 членов (1975-2004 гг.). Анализ результатов показал, при составлении долгосрочного прогноза температуры воды, с нашей точки зрения, в первую очередь следует учитывать особенности ее изменения современного периода, включая в расчеты последнюю имеющуюся информацию. При этом использовать длину ряда менее 30 членов в данном случае не целесообразно,

т.к. для корректного выделения выбранных для прогноза гармоник (14-16 и 7-10 лет) необходима выборка, длина которой как минимум в 2 раза превышает период самого большого цикла. Трендовая составляющая с периодом около 65 лет, рассчитанная на максимальной длине ряда, включается в расчеты в качестве постоянной климатической компоненты.

В заключительной части главы представлен комплексный метод прогноза температуры воды на разрезе, который был разработан при участии автора в 2000 г. Настройка этого метода осуществлялась для 1 квартала года, который для Баренцева моря является наиболее важным и сложным для прогнозирования. Общая схема прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» представлена на рисунке 6.

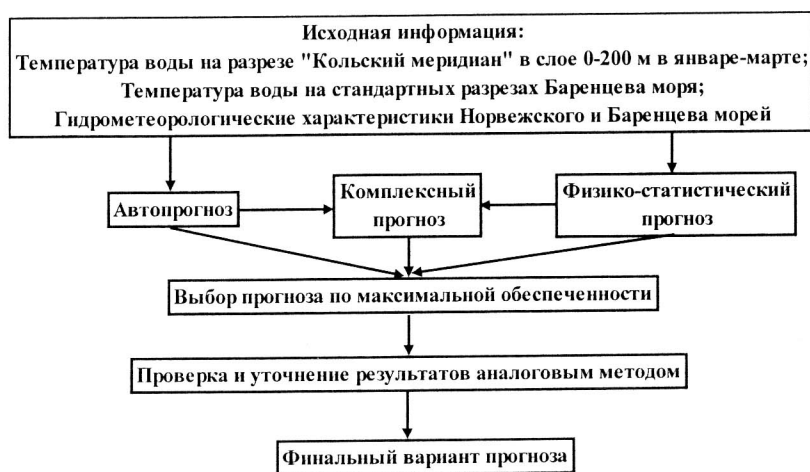


Рис. 6 Блок-схема комплексного метода прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан»

Первым методом прогнозирования температуры воды является автопрогноз, когда выполняется экстраполяция на прогностический интервал основных квазиритмических составляющих этого параметра. Следующим применяется физико-статистический метод, в котором в качестве предикторов используется набор различных гидрометеорологических параметров, характеризующих основные многолетние изменения морского климата Баренцева и Норвежского морей. Далее проводится комплексирование результатов расчетов, полученных с помощью автопрогноза и физико-статистического метода, при этом используются весовые коэффициенты, которые учитывают степень адаптивности моделей к особенностям колебаний температуры воды. После этого осуществляется контроль прогностического

значения путем его сравнения с прогнозом, полученным с помощью аналогового метода. В нем используется принцип подбора года, межмесячная динамика температуры воды и показателей ее изменчивости в котором в выбранный период, предшествующий прогнозируемому, была бы максимально близка к таковой в этот же временной интервал в год прогноза. При необходимости проводится корректировка расчетов, полученных в результате комплексирования прогнозов, составленных методами автопрогноза и физико-статистическим, и устанавливается окончательное прогностическое значение.

Предложенный комплексный метод прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» имеет хорошую методическую оправданность (более 80 %) и успешно применяется в практике лаборатории промышленной океанографии как составная часть рыбопромысловых прогнозов ПИНРО.

**В заключении** сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

1. В результате обобщения и систематизации всех, имеющихся в ПИНРО океанографических материалов по разрезу «Кольский меридиан» за период 1900-2005 гг. впервые созданы наиболее полная база океанографических данных и каталог выполнения этого разреза. Установлено, что количество случаев выполнения разреза, статистика по которому велась с 60-70-х годов прошлого столетия, в результате проведения этих работ увеличилось почти на 10 %. Количество серий наблюдений за температурой составляет 1104, а за соленостью - 976. По мнению автора, это около 95 % случаев выполнения «Кольского меридиана» за прошедшие 105 лет, что составляет более 10,5 тысяч глубоководных океанографических станций.

2. На основе сформированных массивов океанографических данных на разрезе «Кольский меридиан» за период 1900-2005 гг. было проведено их обобщение и обработка, в результате которой рассчитаны статистические характеристики температуры и солености вод на каждой станции по всей площади разреза: среднееголетние значения, стандартные отклонения, минимальные и максимальные величины, размах межгодовых и сезонных колебаний.

3. Анализ сезонной и межгодовой изменчивости термохалинных условий на разрезе показал, что размах межгодовых колебаний температуры воды значительно меньше сезонных в водах Прибрежной ветви Мурманского течения и в поверхностном слое по всей протяженности разреза. В тоже время в промежуточных и придонных слоях роль межгодовых изменений температуры воды в формировании термического режима значительно превышает сезонные. Размах межгодовых колебаний солености вод в отличие от температуры превышает сезонные по всей площади разреза.

4. Установлено, что увеличение адвекции вод атлантического происхождения теплыми течениями в южную часть Баренцева моря оказывает влияние на ледовые условия. При этом характер связи обратный, т.е. при



повышении температуры и солености (на северных станциях разреза) происходит понижение общей ледовитости моря. С другой стороны, наличие льда на северных участках разреза влияет на солезапас поверхностных вод в районе 8-10 станций, т.е. в годы с повышенной ледовитостью соленость поверхностных вод понижается и наоборот.

5. Проведенные расчеты коэффициентов корреляции между температурой и соленостью вод на разрезе «Кольский меридиан» с использованием рассчитанных среднегодовых термохалинных характеристик 1900-2005 гг. в целом согласуются с исследованиями, проведенные ранее на более коротких рядах и позволяют утверждать, что в годы с повышенным теплосодержанием вод южной части Баренцева моря отмечается распреснение Прибрежной и Основной ветвей Мурманского течений и осолонение вод Центральной ветви Нордкапского течения.

6. В результате проведенной классификации лет по уровню теплового и халинного состояния по всей площади разреза были выделены отдельные долговременные периоды потепления и похолодания, а также годы с повышенным и пониженным солезапасом, отмечаемых за последние 105 лет.

7. Наиболее характерной особенностью внутренней структуры колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» по выборке длиной  $n = 105$  членов является присутствие компонентов со средними периодами 14-17, 8-10, 5 лет и 2-3 года, а также низкочастотной циклической составляющей дольше 50 лет. Для второй половины 20 и начала 21 века (1951-2004 гг.), а также для современного периода (1971-2004 гг.), спектральный состав температуры воды на разрезе характеризуется доминированием циклических вариаций, имеющих продолжительность 14-16, 7-10, 4-5 и 2-3 года, причем для современного периода наиболее мощными из них являются циклы с периодом 14-16 и 7-10 лет.

8. Разработан комплексный метод прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», в котором применяется комплексирование результатов расчета с использованием автопрогноза, физико-статистического и аналогового методов прогноза.

#### **Список опубликованных работ по теме диссертации:**

1. Бойцов В.Д., Карсаков А.Л., Педченко А.П. Морские гидрологические прогнозы на Северном бассейне: состояние и перспективы//Тезисы докладов IX Всероссийской конференции по проблемам рыбопромышленного прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. – С. 205-207.

2. Гузенко В.В., Карсаков А.Л., Никифоров А.Г. Комплексный подход к прогнозированию температуры воды на разрезе «Кольский меридиан»//Тезисы докладов VII Всероссийской конференции по проблемам рыбопромышленного прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – С.31-32.

3. Ионов В.В., Карсаков А.Л. О возможности прогнозирования температуры поверхностного слоя моря// Вестник СПбГУ. серия 7, 2009. – Вып. 1. – С. 93-98.

4. Карсаков А.Л., Гузенко В.В., Никифоров А.Г. Комплекс методов прогнозирования температуры воды на разрезе «Кольский меридиан»// Материалы конференции молодых ученых. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2001. – С. 3-13.

5. Карсаков А.Л. Учет изменчивости параметров внутренней структуры колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» при ее прогнозировании//Тезисы докладов отчетной сессии ПИНРО и СевПИНРО по итогам научно-исследовательских работ в 2001-2002 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2003. – С. 101-103.

6. Карсаков А.Л. Некоторые результаты обобщения океанографических наблюдений на вековом разрезе «Кольский меридиан» за период 1900-2005 гг.// Вопросы промысловой океанологии. – М: Изд-во ВНИРО, 2007. – Вып.4. – № 2. – С. 136-158.

7. Карсаков А.Л. Мониторинг океанографических условий на стандартном разрезе «Кольский меридиан»//Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2008. - № 5. – С. 125-128.

8. Карсаков А.Л. Термохалинное состояние вод Баренцева моря на разрезе «Кольский меридиан» за период 1900-2005 годов //Материалы XIV Конференция по промысловой океанологии и промысловому прогнозированию. – Калининград: Изд-во АтлантНИРО, 2008. – С. 84-86.

9. Карсаков А.Л. Океанографические исследования на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море за период 1900-2008 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2009. – 139 с.

10. 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.

11. 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.

12. Океанографические наблюдения в Баренцевом море и сопредельных водах в 1900-2000 гг. (метаданные) Часть 2 1900-1960 гг., вып. 1, 1900-1940 гг./ Сост. Бойцов В.Д., Гузенко В.В., Карсаков А.Л. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2008. – 377 с.

13. Океанографические наблюдения в Баренцевом море и сопредельных водах в 1900-2000 гг. (метаданные) Ч. 2. 1900-1960 гг., вып. 2, 1941-1961 гг./ Сост. Бойцов В.Д., Гузенко В.В., Карсаков А.Л. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2008. – 541 с.

14. Педченко А.П., Гузенко В.В., Карсаков А.Л. Об использовании океанографических данных на стандартных разрезах Баренцева моря для определения перспективных участков промысла трески//Тезисы докладов IX всероссийской конференции по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2004. – С.270-272.

15. Педченко А.П., Карсаков А.Л., Гузенко В.В. 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.

16. Педченко А.П., Карсаков А.Л., Гузенко В.В. Климатические изменения в Баренцевом море в конце XX-начале XXI веков и их биологические последствия//Проблемы биологической океанографии XXI века. Тезисы докладов международной научной конференции. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – С.31.

17. Педченко А.П., Карсаков А.Л., Гузенко В.В. 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.

**18. Педченко А.П., Карсаков А.Л., Гузенко В.В. Исследования ПИНРО на океанографических разрезах Баренцева моря как одна из основ рыбопромыслового прогнозирования//Вопросы рыболовства. – 2008. – № 2 (34). – С. 319-329.**

19. Пространственно-временные изменения абиотических факторов и их влияние на распределение основных видов промысловых рыб северного бассейна в 2003-2004 гг./Педченко А.П., Боровков В.А., Гузенко В.В., Карсаков А.Л., Лободенко С.Е., Сентябов Е.В.//Вопросы промысловой океанологии. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – Выпуск 2. – С. 101-125.

20. Boitsov V.D., Karsakov A.L. Long-term projection of water temperature to be used in the advance assessment of the Barents Sea productivity//Ecosystem dynamics and optimal long-term harvest in the Barents Sea fisheries Proceeding of the 11<sup>th</sup> Russian-Norwegian Symposium, 2005. – P. 324-330.

21. Interannual variability in the physical environment, zooplankton, capelin (*Mallotus villosus*) and North-East Arctic cod (*Gadus morhua*) in the Barents Sea/Ozhigin, V. K., Drobysheva, S. S., Ushakov, N. G., Yaragina, N. A., Titov, O. V., and Karsakov, A. L.//ICES Marine Science Symposia, 219. – 2003. – P. 283-293.

Подписано в печать 15.01.2010 г.

Уч.-изд. л. 1,3.

Заказ 2.

Усл.печ. л. 1,0.

Формат 60x84/16.

Тираж 100 экз.