

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО РЫБОЛОВСТВУ
ПОЛЯРНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МОРСКОГО РЫБНОГО
ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ ИМ.Н.М.КНИПОВИЧА
(ПИНРО)

На правах рукописи

Терещенко Валентина Валентиновна

**ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

(специальность 11.00.08. "Океанология")

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата географических наук
в форме научного доклада

Мурманск
2000

Официальные оппоненты

доктор географических наук А.Е.Антонов
кандидат географических наук И.П.Карпова

Научный руководитель кандидат географических наук А.П.Алексеев

Ведущая организация - Мурманский морской биологический институт

Защита диссертации состоится 24 февраля 2000 г. в 15 ч 30 мин на заседании диссертационного совета ДО63.19.01 Российского Государственного Гидрометеорологического университета (РГГМУ).

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

С диссертацией в виде научного доклада можно ознакомиться в библиотеке РГГМУ.

Диссертация в виде научного доклада разослана «20» января 2000 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.г.н., проф.

А.М.Догановский

2009

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Баренцево море является уникальным бассейном Мирового океана, имеющим высокую биологическую продуктивность. Благоприятные температурные условия, хорошая аэрация глубинных слоев в результате осенне-зимнего конвективного перемешивания, ярко выраженные фронтальные зоны в районах взаимодействия теплых высокосоленных атлантических вод с холодными водами арктического происхождения обеспечивают эффективную жизнедеятельность биоты, в том числе и огромной массы промысловых гидробионтов. Баренцево море является важнейшим районом рыболовства, где общий вылов рыбы и беспозвоночных за 1955-1994 гг. составил 101,6 млн т, из них 27 % составляет треска, 33 % – мойва (Пономаренко, Борисов, Семенов, 1996).

Актуальность исследований. Во второй половине XX века в Баренцевом море собран огромный океанографический материал (только судами ПИНРО выполнено более 160 тыс. станций). Эти данные требуют всестороннего и углубленного анализа для более широкого практического применения. Проведенные нами систематизация, обобщение, расчет новых термохалинных показателей являются определенным итогом океанографических исследований в Баренцевом море за последние 50 лет. Полученные данные позволили выявить некоторые закономерности сезонных и межгодовых изменений, особенности термохалинных условий и оценить их влияние на состояние экосистемы Баренцева моря. Актуальными являются работы, посвященные гидрометеорологическому режиму вод архипелага Шпицберген и показывающие научный вклад России в исследования этого региона, который имеет особый международный статус.

Цель и задачи. Целью настоящей работы явилось изучение закономерностей сезонных и межгодовых изменений гидрометеорологических показателей, выявление особенностей этих изменений в различных районах Баренцева моря, а также оценка их влияния на распределение и поведение основных промысловых гидробионтов (трески, мойвы, палтуса, креветки) на различных стадиях жизненного цикла. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- изучение пространственно-временных изменений термохалинного состояния вод Баренцева моря во второй половине XX века;
- оценка влияния условий среды на распределение трески на ранних стадиях развития и выявление абиотических факторов, формирующих поколения трески в Медвежинско-Шпицбергенском промысловом районе;
- изучение температурных условий, положения термических фронтов и их обостренности, а также распределения и поведения трески в период нагула;
- исследование океанографических условий и распределения кормового планктона в районах нагула мойвы (севернее 74°30' с.ш.);



- выявление связи между плотностью скоплений черного палтуса и гидрометеорологическими условиями в период осенне-зимней путины;
- изучение распределения креветки в центральной части Баренцева моря (зона Смежного участка) в зависимости от условий среды.

Научная новизна. В результате систематизации, контроля и обобщения большого массива океанографической информации созданы основы электронной базы расчетных океанографических характеристик, которая включает средневзвешенные месячные и годовые значения температуры и солености воды ветвей Нордкапского, Мурманского, Новоземельского, Западно-Шпицбергенского, Зюйдкапского течений в различных слоях на основных стандартных разрезах и галсах Баренцева моря с 1951 по 1998 г. Впервые обобщены многолетние материалы и получены климатические характеристики вод архипелага Шпицберген, а также северных районов Баренцева моря в летне-осенний период. Предложена классификация термохалинных показателей вод основных течений Баренцева моря, в качестве критерия использовалась их изменчивость (среднеквадратическое отклонение). На основе обширного материала, собранного во второй половине XX века, выделены периоды потепления и похолодания системы "атмосфера-гидросфера-криосфера", выявлены годы распреснения и осолонения вод, показаны особенности и причины формирования гидрометеорологического режима в 80-90-е годы. Впервые при прогнозировании пространственного распределения температуры воды и положения термических фронтов в придонном слое использован инерционно-климатический подход. Разработаны эколого-статистические методики, позволяющие количественно оценить влияние гидрометеорологических факторов на занос трески на ранних стадиях развития в Медвежинско-Шпицбергенский район, а также на производительность промысла черного палтуса в районе его нерестилищ в осенне-зимний период.

Практическая значимость. Работа является определенным вкладом в наши знания о формировании гидрологического режима Баренцева моря. Полученные многолетние однородные ряды данных о температуре и солености вод ветвей Нордкапского и Мурманского течений применяются в практике краткосрочного и долгосрочного прогнозирования океанографических условий в Баренцевом море, результаты которого в дальнейшем используются в промысловом прогнозировании. Выявленные особенности гидрометеорологических условий, сезонной и межгодовой изменчивости термохалинных показателей используются специалистами при решении различных задач в области промысловой океанологии. Применение результатов, полученных при изучении влияния абиотических факторов на распределение промысловых гидробионтов, способствует рациональному использованию сырьевых ресурсов Баренцева моря.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на Всесоюзных конференциях по промысловой океанологии (1977, 1979, 1987,

1990, 1993, 1997, 1999 гг.), Всесоюзных съездах океанологов (1982, 1987 гг.), Всесоюзных конференциях по проблемам долгосрочного прогнозирования (1983, 1986, 1989, 1992, 1995 гг.), Всесоюзной конференции "М.В.Ломоносов и Север" (1986 г.), 3-м советско-норвежском симпозиуме (1987 г.), Всесоюзных конференциях по географии и картографии океана (1985, 1989, 1992 гг.), региональной конференции "Комплексное изучение бассейна Атлантического океана" (1993 г.), региональной конференции "Проблемы изучения и рационального использования ресурсов окраинных и внутренних морей СНГ" (1992 г.), а также на сессиях Международного совета по исследованию морей – ИКЕС (1991, 1992, 1996 гг.) и отчетной сессии ПИНРО (1998 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано более 60 работ, из них 2 справочных пособия и 5 брошюр.

ВВЕДЕНИЕ

В начале XX века основоположник рыбопромысловой науки Н.М.Книпович писал: "Жизнь промысловых животных находится в тесной зависимости от глубины, качеств грунта, состава и температуры воды, ее течений и т.д. Изучение этих внешних факторов дает нам ключ в понимании многих важнейших явлений в жизни животных и в частности животных промысловых и результаты в этой области могут иметь первостепенное практическое значение, определяя место, время и условия промысла". Задача, сформулированная в этом тезисе, последовательно решается учеными, а проблема изучения условий среды и их влияния на биоту и в наше время остается важной и актуальной.

На всех этапах развития океанологических исследований Баренцева моря изучались термохалинные условия в каждом конкретном году, выявлялись особенности и причины их формирования. Результаты исследований представлялись в ежегодном издании Биологического Ежегодника ИКЕС (Mukhin, 1964-1972; Sarynina, 1973-1984; Dvinina, Muchin, 1985; Dvinina, 1986; Tereshchenko, 1985, 1986; Loeng, 1986), а также рассматривались в обобщающих работах М.М.Адрова, К.А.Седых, Р.Н. Сарыниной, А.И.Мухина, Е.А.Двининой, В.В.Терещенко (Адров, 1978; Сарынина, 1980; Мухин, Сарынина, 1974; Мухин, 1975; Мухин, Двинина, 1982; Сарынина, Терещенко, 1984; Терещенко, 1990, 1993, 1997).

Многими исследователями (Ижевский, 1961; Кисляков, 1961, 1964; Константинов, 1967, 1973; Бочков, 1969; Дегтярева, 1970; Пенин, 1973; Ожигин, Ушаков, 1984; Ожигин, Лука, 1985; Бойцов и др., 1987; Бойцов, 1989; Двинина и др., 1990) показана роль факторов среды в формировании численности основных промысловых рыб Баренцева моря, а также в их распределении и поведении на различных стадиях жизненного цикла.

Настоящее исследование продолжает разработку проблемы в системе "среда-организм", используя при этом полувековой объем материала,

различные методы математического анализа и современные технические средства.

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В работе использовались океанографические материалы, собранные в научно-исследовательских и научно-поисковых рейсах ПИНРО, Мурманского Гидрометцентра, Севрыбпромразведки, а также данные норвежских судов, участвующих в международных съемках совместно с Полярным институтом.

В зависимости от поставленных задач океанографические исследования проводились на стандартных разрезах и галсах, расположенных в различных промысловых районах Баренцева моря (рис.1а). С 1951 г. осуществлялся практически ежемесячный мониторинг температуры и солености воды ветвей Нордкапского и Мурманского течений на основных стандартных разрезах № 3 ("Нордкап-Медвежий"), № 29 ("Широтный"), № 6 ("Кольский меридиан"), № 8 ("Харловский"), № 10, 37 ("Канинский"). Кроме того, сбор гидрологической информации проходил в период проведения ежегодных ихтиологических съемок: икрино-личиночной (апрель-май, июнь-июль) с 1959 г., 0-группы рыб (август-сентябрь, совместно с БИМИ, Норвегия) с 1965 г., центральной и северной частей Баренцева моря – районов нагула мойвы (август) с 1982 г., по оценке молоди донных рыб в районе архипелага Шпицберген (сентябрь-октябрь) с 1959 г., запасов пелагических (сентябрь-октябрь, совместно с БИМИ) с 1972 г. и донных (октябрь-декабрь) с 1950 г. рыб. При проведении ихтиологических исследований использовались суда типа ПСТ, имеющие на борту океанографические приборы (батометры, батитермографы), что позволило увеличить количество глубоководных океанографических наблюдений непосредственно в районах промысла трески, пикши, мойвы, окуня-клевача, палтуса, креветки. Качественно новым этапом в океанографических исследованиях ПИНРО стало введение в эксплуатацию переоборудованного научно-исследовательского судна "Артемиды" (с ноября 1985 г.) и научно-исследовательских судов типа "Атлантик" (с июня 1987 г.), оснащенных зондирующими устройствами, что позволяет получать непрерывную информацию о вертикальном распределении океанографических параметров.

В начале 80-х годов нами были начаты и по настоящее время продолжаются работы по перенесению собранных судами Полярного института глубоководных океанографических данных наблюдений на магнитные носители. Формировался банк ретроспективных данных "Историческая гидрология", параллельно создавалась база "Оперативная гидрология", в которую с моря оперативно поступала гидрологическая информация с судов ПИНРО и различных ведомств (Мурманский Гидрометцентр, Севрыбпромразведка, Мурманский Морской

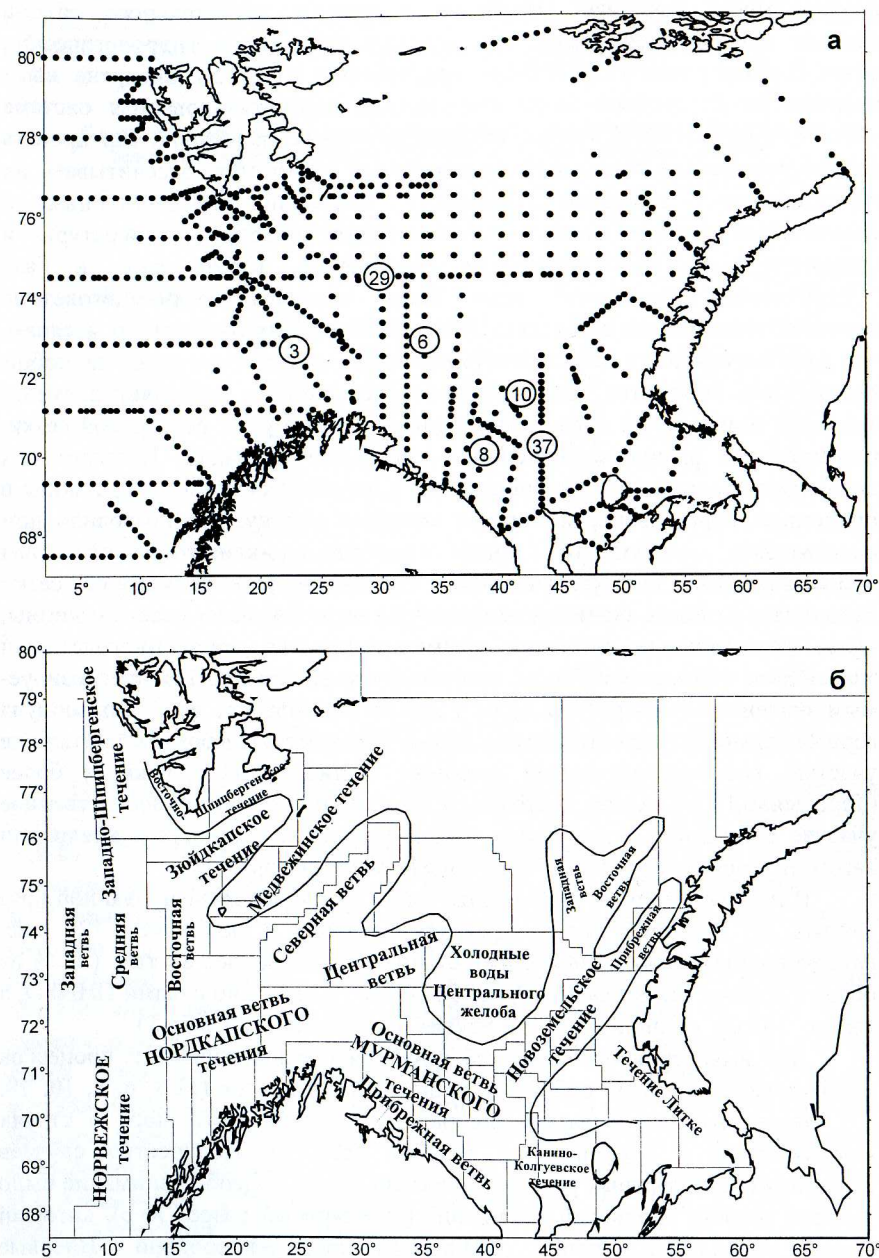


Рис.1. Схема стандартных разрезов (а) и название течений (б) Баренцева моря

Биологический институт, Гидрометцентр Северного Флота и др.). Возникла необходимость контроля, обработки и анализа значительного объема данных для решения различных рыбопромысловых и гидрологических задач. В связи с этим в ПИНРО была разработана и в 1985 г. внедрена нами впервые на Баренцевом море комплексная автоматизированная система мониторинга состояния среды, которая позволяла оперативно картировать океанографические показатели на различных горизонтах, рассчитывать их горизонтальные градиенты, выявлять положение температурных и соленостных фронтов, получать отклонения значений температуры и солености воды от предыдущих наблюдений. Кроме того, в базу "Оперативная гидрология" нами были занесены среднемесячные значения температуры воды на станциях стандартных разрезов по месяцам, что дало возможность рассчитывать аномалии температуры воды на любом стандартном горизонте. Автоматизированная система позволяет получать значения температуры воды, интерполированные в узлы регулярной сетки. Оптимальный радиус интерполяции составляет 30 миль. Исследования показали существование инерционности в колебаниях температуры воды в придонном слое Баренцева моря от месяца к месяцу, что позволило нам использовать следующую прием (инерционно-климатический) для прогнозирования температуры воды. В каждом узле регулярной сетки находилась разность значений температуры воды текущего месяца и нормы, затем рассчитанные аномалии суммировались со среднемесячными значениями температуры воды прогнозируемого месяца. По прогнозируемым значениям температуры воды у дна рассчитывались величинный модуль горизонтального градиента температуры. Термическим фронтом считали те участки, где горизонтальный градиент составлял $0,03 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{км}$ и более (Терещенко, 1990). Автор настоящего доклада принимал непосредственное участие в создании основ банка океанографических данных и внедрении автоматизированной системы в регионе Баренцева моря.

В настоящее время в Полярном институте в автоматизированной базе данных по Баренцеву морю хранятся сведения о более чем 120 тыс. глубоководных океанографических станций, из них более 87 тыс. (72% от общего количества наблюдений за 1951-1998 гг.) собрано судами ПИНРО, а свыше 34 тыс. станций — судами других организаций (см. табл. 1).

Для выявления особенностей развития океанологических процессов использовались данные основных стандартных разрезов (№ 3, 6, 8, 10, 29, 37), расположенных в различных районах кожной части моря в струях Нордкапского и Мурманского течений (рис. 1б). Количество случаев выполнения стандартных разрезов показано в табл. 2. Особое внимание было уделено разрезу "Кольский меридиан" (стандартный разрез № 6), который имеет уникальный, почти 100-летний ряд наблюдений. Первые океанографические работы были проведены здесь на пароходе "Андрей Первозванный" под руководством Н.М.Книповича в 1900 г. (Книпович, 1903). К настоящему времени этот разрез выполнен более 950 раз. Основная

масса наблюдений (760 случаев) приходится на вторую половину XX века, так как до 50-х годов исследования проводились нерегулярно, а в отдельные периоды (1907-1920, 1942-1944 гг.) вообще не выполнялись.

Таблица 1
Количество глубоководных океанографических станций, выполненных судами различных ведомств в Баренцевом море в 1951-1998 гг. (по данным архива ПИНРО)

Год	Организация				Всего
	ПИНРО	МурГМЦ	СРПР	Иностран. источники	
1951-1984	57068	-	-	-	57068
1985	2268	2036	2632	258	7444
1986	3746	1887	1968	578	8281
1987	3563	2905	2316	475	9666
1988	2792	2549	2085	145	7910
1989	2210	2080	854	195	5789
1990	2953	1930	340	255	5829
1991	2297	675	131	388	4120
1992	2491	330	-	651	4087
1993	2006	73	-	166	2580
1994	855	-	-	760	1740
1995	1115	-	-	585	1740
1996	1061	-	-	531	1643
1997	1456	-	-	321	1907
1998	1498	-	-	370	1897
Всего	87379	14465	10326	5678	121701

На разрезах вычислялись среднемесячные значения температуры и солености воды в слоях 0-50, 0-200, 50-200, 150-200 м по методу Н.Н. Зубова (1926). Если глубина станции составляла менее 200 м, то вычисления проводились с учетом глубины по интегральному методу, предложенному В.З.Салмовым и В.С.Злобинным (1977). Полученные средние данные температуры и солености для каждого года наносились на график в соответствии с датой выполнения разреза и после графической интерполяции снимались значения этих характеристик на 15-е число каждого месяца. В случае значительных пропусков наблюдений на разрезе, кроме графической интерполяции, данные за отдельные месяцы восстанавливались с помощью инерционных и физико-статистических моделей. Ранее среднемесячные значения температуры воды приводились на середину месяца по кривым годового хода А.А.Зверевым, К.А.Седых, Н.К.Ханайченко, Р.Н.Сарыниной, Л.И.Боровой. С 1982 г. эта работа выполняется непосредственно автором.

После систематизации и контроля данных нами были сформированы непрерывные массивы месячных и годовых значений температуры и солености воды Основной (№ 3, ст. 2-6), Северной (№ 29, ст. 8-12),

Центральной (№ 6, ст.8-10) ветвей Нордкапского, Основной (№ 6, ст.3-7; № 8, ст.4-8; № 10, ст.1-6) ветви Мурманского, Прибрежной (№ 6, ст.1-3; № 8, ст.1-4) ветви Мурманского, Новоземельского (№ 37, ст.12-16) течений для различных слоев с 1951 по 1998 г. (Терещенко, Двинина, Боровая, 1985; Терещенко, 1997, 1999). Эти материалы явились основой информационного электронного банка расчетных океанографических данных по Баренцеву морю.

Таблица 2
Сведения о частоте выполнения станций основных стандартных разрезов Баренцева моря в 1951-1998 гг.

Год	№ 3, ст. 2-6	№ 29, ст. 8-12	№ 6, ст. 3-7	№ 8, ст. 1-4	№ 8, ст. 4-8	№ 10, ст. 1-6	№ 37, ст. 12-16
1951-1984	315	241	566	321	321	258	200
1985	20	15	18	12	12	12	8
1986	19	13	19	15	15	13	7
1987	16	16	18	19	19	17	14
1988	19	16	16	11	11	11	12
1989	13	11	17	12	12	12	10
1990	15	13	14	14	14	14	13
1991	11	11	11	10	9	8	7
1992	10	9	13	11	11	11	8
1993	8	8	13	8	7	6	6
1994	6	4	7	3	3	3	3
1995	5	3	9	3	3	-	1
1996	2	-	10	4	1	2	1
1997	1	-	9	2	1	-	1
1998	2	-	14	4	2	1	1
Всего	464	360	754	449	441	368	292

За многолетний период осреднения данных о температуре и солёности принимался 40-летний период (1951-1990 гг.), признанный оптимальным для объективного суждения об изменчивости метеорологических и океанографических характеристик (Дроздов, Рубинштейн, 1966; Бочков, 1980). Относительно этого интервала были рассчитаны основные статистические характеристики (среднепогодные или норма, аномалия, среднеквадратическое отклонение) температуры и солёности исследуемых течений.

Уровень термohалинного состояния вод оценивался по количественному показателю, в качестве которого использовались величины среднеквадратических отклонений температуры (σ_T) и солёности (σ_S). Такой критерий классификации впервые был предложен нами в работе В.В.Терещенко, Е.А.Двининой и Л.И.Боровой (1985) и в дальнейшем применялся в работах Ю.А.Бочкова, Е.А.Двининой, В.В.Терещенко (1987), Ю.А.Бочкова и В.В.Терещенко (1992), В.В.Терещенко (1997, 1999),

V.V.Tereshchenko (1992, 1996). Среднемесячные и годовые аномалии температуры воды (ΔT) исследуемых течений сравнивались с определенными величинами среднеквадратических отклонений, и уровень теплового состояния вод оценивался по 5 градациям:

- 1 – аномально холодный год, $-\Delta T^{\circ}C > 1,5 \sigma_T$;
- 2 – холодный год, $0,5 \sigma_T < -\Delta T^{\circ}C \leq 1,5 \sigma_T$;
- 3 – средний или нормальный год, $\pm \Delta T^{\circ}C \leq 0,5 \sigma_T$;
- 4 – теплый год, $0,5 \sigma_T < \Delta T^{\circ}C \leq 1,5 \sigma_T$;
- 5 – аномально теплый год, $\Delta T^{\circ}C > 1,5 \sigma_T$.

Халинное состояние вод характеризовалось по величине аномалий солёности (ΔS) по 3 градациям:

- 1 – пониженная солёность, $-\Delta S > 0,5 \sigma_S$;
- 2 – средняя или нормальная солёность, $\pm \Delta S \leq 0,5 \sigma_S$;
- 3 – повышенная солёность, $\Delta S > 0,5 \sigma_S$.

Степень интенсивности осенне-зимнего выхолаживания и весенне-летнего прогрева вод Мурманского течения вычислялась на основе подхода, предложенного А.И.Мухиным (1975). Нами были рассчитаны показатели охлаждения и прогрева в слое 0-200 м для каждого года с 1951 по 1998 г., вычислены их среднепогодные (норма) значения за 1951-1990 гг., а также аномалии ($\Delta Q_{ох}$ и $\Delta Q_{пр}$) и среднеквадратические отклонения ($\sigma_{ох}$ и $\sigma_{пр}$). Степень охлаждения и прогрева оценивалась по 3 градациям: прогрев был интенсивным, если $\Delta Q_{пр} > 0,5 \sigma_{пр}$, средним, если $\pm \Delta Q_{пр} \leq 0,5 \sigma_{пр}$, слабым, если $-\Delta Q_{пр} > 0,5 \sigma_{пр}$. Аналогичным образом оценивалась и степень охлаждения.

Регулярные океанографические исследования в районе архипелага Шпицберген Полярный институт начал в середине 50-х годов. Наблюдения здесь проводились в основном в летне-осенний период, когда район освобождался от льдов. Нами были систематизированы, обобщены и проанализированы материалы ежегодных океанографических съемок, выполнявшихся в Медвежинско-Шпицбергенском промысловом районе в июне (с 1954 г., июньская съемка), июле (с 1959 г., икрино-личиночная съемка), августе (с 1965 г., съемка рыб 0-группы), сентябре-октябре (с 1959 г., съемка по учету донной молоди основных промысловых рыб), а также многолетние наблюдения на разрезе по $74^{\circ}30'$ с.ш. к западу от о-ва Медвежий и на разрезе о-в Медвежий-м.Зюйдкап, выполняющиеся достаточно регулярно (с 50-х годов) в июне-октябре и эпизодически – в ноябре-мае.

Для северной части моря нами была разработана океанографическая съемка по равномерной сетке станций (полигон) от $74^{\circ}30' - 77^{\circ}00'$ с.ш. и $18^{\circ}56'$ в.д., охватывающая основные районы нагула мойвы от Шпицбергена до Новой Земли. Съемка проводилась в августе в направлении с востока на запад меридиональными разрезами через 2° по долготе, станции на них располагались через $30'$ по широте (рис.1а). Впервые работы на полигоне были организованы в августе 1982 г. Они включали комплекс

гидрологических, гидрохимических и гидробиологических исследований. Съёмка выполнялась ежегодно до 1993 г. включительно. Собранные за 12 лет океанологическая информация была обобщена нами для получения среднесезонных характеристик. С этой целью для каждой океанографической станции на стандартных горизонтах и в придонном слое систематизировались ежегодные (с 1982 по 1993 г.) данные о температуре и солёности воды. Затем рассчитывались их среднесезонные значения и среднеквадратические отклонения. Уровень теплового состояния вод оценивался по 5 градациям. На основе полученных среднесезонных данных о температуре воды рассчитывались её горизонтальные градиенты на стандартных горизонтах и у дна. Термическим фронтом на поверхности и у дна считали те участки, на которых горизонтальный градиент температуры составлял $0,02^{\circ}\text{C}/\text{км}$ и более, а на промежуточных горизонтах – свыше $0,03^{\circ}\text{C}/\text{км}$ и более.

Необходимые для исследований статистические характеристики океанологических параметров рассчитывались на ПК IBM по стандартным программам. Расчёты горизонтальных градиентов температуры воды выполнялись по программе М.Ю.Анциферова, в которой реализован алгоритм, представленный в работе В.К.Ожигина (1989). Для построения карт геострофической циркуляции применялся динамический метод (Зубов, 1956). Расчёт динамических высот проводился на ЕС-1035 по программе DINAM, а расчёты скоростей течений – по программе CARRY. Применялся корреляционный и регрессионный анализ, а также множественная корреляция и пошаговая регрессия.

В наших исследованиях широко использовались материалы о синоптических и ледовых условиях, скорости и направлении ветра, а также о температуре воздуха и атмосферном давлении на уровне моря, получаемые из Мурманского Гидрометцентра. Данные по общей ледовитости Баренцева моря (площадь моря, покрытая льдами, в процентах от общей площади) любезно предоставлены Л.И.Боровой (Мурманский Гидрометцентр). С 1997 г. используются сведения о метеорологических и ледовых условиях в Баренцевом море, полученные из компьютерной сети Интернет.

В работе анализировались ихтиологические материалы ПИНРО, собранные в период проведения международной съёмки по оценке величины пополнения основных промысловых рыб Баренцева моря на стадии 0-группы (Preliminary report..., 1998), съёмки по оценке численности молоди донных рыб в возрасте неполных 1, 2, 3 лет (0+, 1+, 2+), тралово-акустической съёмки запасов донных рыб, в частности трески (Report of the arctic..., 1998), съёмки по оценке запасов пелагических (мойвы, сайки) рыб (Survey report..., 1998) и креветки, а также данные о распределении трески и мойвы и сведения о производительности лова черного палтуса по результатам промысла.

2. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОХАЛИННОГО СОСТОЯНИЯ ВОД БАРЕНЦЕВА МОРЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА

2.1. Сезонные и межгодовые колебания температуры и солёности воды на вековом разрезе "Кольский меридиан"

Для изучения закономерностей сезонных и межгодовых колебаний океанографических характеристик и выявления особенностей развития океанологических процессов необходимы длительные ряды наблюдений на стандартных разрезах, дающие возможность осуществлять мониторинг климатообразующих факторов, а также использовать полученные данные для разработки долгосрочных температурных, ледовых и рыбопромысловых прогнозов.

Уникальный по длительности ряд наблюдений за температурой и солёностью воды имеется на разрезе "Кольский меридиан", расположенном в центральной части Баренцева моря по $33^{\circ}30'$ в.д. Разрез пересекает воды Прибрежной и Основной ветвей Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений от $69^{\circ}30'$ до $74^{\circ}00'$ с.ш. До нашего исследования имелся ряд по температуре воды только Основной ветви Мурманского течения в слое 0-200 м, эти данные широко применялись учеными в различных областях знаний. В настоящее время, когда мониторинг термохалинных показателей на стандартных разрезах Баренцева моря фактически осуществляется только на разрезе "Кольский меридиан", необходимо более широко и детально использовать данные наблюдений на этом разрезе в целях получения материалов для оценки термохалинного состояния вод всех выделяемых на нем ветвей течений.

Поэтому нами впервые были систематизированы, рассчитаны и приведены к единой дате средневзвешенные значения температуры и солёности воды Прибрежной ветви Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений в различных слоях за 1951-1998 гг. Полученные данные характеризуют гидрологический режим вод прибрежных районов Мурманска и района Демидовской банки, а также южной части анклава Баренцева моря. Продолжено формирование рядов по температуре воды Основной ветви Мурманского течения не только в слое 0-200 м, но и в верхнем 50-метровом и в глубинных (50-200, 150-200 м) слоях. Кроме того, для каждого месяца рассматриваемого периода для различных слоев впервые были получены месячные и среднегодовые значения солёности Мурманского течения.

По многолетним данным, сезонный минимум температуры во всех слоях наступает в апреле. Максимальный прогрев верхнего 50-метрового слоя отмечается обычно в августе, а в глубинных слоях – на 3-4 мес позже, в ноябре-декабре. Наибольшие сезонные колебания температуры наблюдаются в прибрежных водах. Их размах в водах основных течений на

разрезах уменьшается с юга на север, а также с увеличением глубины. В каждом конкретном году время начала процессов теплоотдачи, прогрева вод и, соответственно, наступление экстремумов может сдвигаться относительно среднесезонных сроков. Так, за рассматриваемый период достаточно часто отмечалось наступление минимума температуры воды на 1-2 мес раньше обычного, а максимум сезонного хода наблюдался на 1-2 мес позднее. Например, весенне-летний сезон (период сезонного повышения температуры) в водах Мурманского течения в слое 0-200 м в отдельные годы (1963, 1964, 1967, 1982, 1989, 1990 гг.) длился 6-9 мес при норме 5 мес. Более продолжительный, чем обычно, период весенне-летнего прогрева благоприятно сказывается на жизнедеятельности биоты, прежде всего на выживаемости гидробионтов, ведет к усилению их роста и в конечном итоге к увеличению биомассы. Этот фактор приобретает еще больший положительный эффект в годы с повышенным теплосодержанием вод (Сарынина, 1980; Терещенко, Бочков, 1994; Мухина, 1996; Berenboim et al., 1992; Drobysheva et al., 1992; Kovtsova, 1993).

Анализ данных о температуре воды основных течений на разрезе за 1951-1998 гг. выявил ее значительные межгодовые колебания, что подтверждается экстремальными величинами этого показателя за годы исследований (Терещенко, 1997). Размах межгодовых колебаний температуры воды основных течений на разрезе в различных слоях 200-метровой толщи составлял 1,7-2,3 °С, причем в водах Основной ветви Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений в слое 0-200 м он соответствовал величине сезонных изменений, а в глубинных слоях даже превышал ее. В то же время для температуры прибрежных вод роль сезонных колебаний была значительнее, чем межгодовых. В целях количественной оценки значимости межгодовых и сезонных изменений температуры воды рассматриваемых течений было проведено сравнение среднеквадратических отклонений этих колебаний на основе отношения $\sigma_r/\sigma_c \cdot 100\%$ (Колесникова, Монин, 1966), где σ_r – среднеквадратическое отклонение межгодовых изменений, σ_c – среднеквадратическое отклонение среднесезонных колебаний температуры воды. Полученные результаты свидетельствуют о том, что роль межгодовых колебаний температуры в формировании особенностей термики вод Центральной ветви Нордкапского и Мурманского течений весьма существенна. Например, многолетние колебания температуры этих течений для слоя 0-200 м составляют 64 и 65 %, для слоя 150-200 м – 94 и 127 % соответственно от величины сезонных изменений. Вклад межгодовых колебаний в формирование температурного режима прибрежных вод Мурманского течения значительно меньше и составляет лишь 24-38 % от сезонных.

На основе классификации среднегодовой температуры воды ветвей Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений с 1951 по 1998 гг. уровень их теплового состояния для различных слоев 200-метровой толщи оценивался по 5 градациям. В результате для термики вод рассматриваемых

течений были выделены периоды похолодания, когда температура была ниже нормы или соответствовала ей, и периоды потепления, когда преобладали положительные аномалии температуры или же она была близка к среднесезонной. Анализ полученных результатов показал хорошее соответствие выделенных периодов потепления и похолодания для вод основных течений на разрезе "Кольский меридиан", о чем свидетельствует и тесная сопряженность между изменениями среднегодовых значений температуры воды Основной и Прибрежной ветвей Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений ($r=0,83-0,94$ при $n=40$). Эти факты указывают на существенное значение крупномасштабных колебаний показателей состояния атмосферы и гидросферы, которые влияют на формирование термического режима вод южной части Баренцева моря и в конечном итоге определяют уровень их теплового состояния.

Однако существуют и некоторые различия в оценках температурных условий основных течений на разрезе для тех или иных лет, так как обычно хорошая согласованность оценок уровня теплового состояния вод для поверхностных и глубинных слоев в отдельные годы нарушается. Это вызвано разной степенью влияния локальных гидрометеорологических факторов, различной интенсивностью выхолаживания водных масс в осенне-зимний период и их сезонного прогрева в каждом конкретном году.

Нами были рассчитаны показатели степени выхолаживания ($Q_{ох}$) и прогрева ($Q_{пр}$) вод Основной ветви Мурманского течения в слое 0-200 м для 1951-1995 гг. и проведена их оценка по 3 градациям. Классификация позволила выявить годы с интенсивным, ослабленным и нормальным выхолаживанием и прогревом. Наличие значимой обратной связи между среднегодовой температурой воды Мурманского течения и показателем осенне-зимнего выхолаживания ($r=-0,59$, надежный при $p=0,001$) и практически отсутствие ее с показателем прогрева ($r=-0,15$ при $n=45$) еще раз подтверждают, что уровень теплового состояния вод в текущем году в большей степени определяется процессами теплоотдачи в предшествующий осенне-зимний период, нежели величиной прогрева.

В свою очередь состояние термики вод оказывает существенное влияние на ледовые условия в море. Так, ежегодные колебания общей ледовитости Баренцева моря находятся в обратной зависимости ($r=-0,64$, $n=45$, надежный при $p=0,001$) от изменений температуры воды Основной ветви Мурманского течения в слое 0-200 м на разрезе "Кольский меридиан" (рис.2).

На основе впервые сформированных однородных рядов по солености вод основных течений на разрезе "Кольский меридиан" был проведен анализ среднесезонного внутрисезонного хода этой характеристики в различных слоях. В результате выяснено, что только в слое 0-50 м сезонные изменения выражены отчетливо, с максимумом солености в феврале-апреле и минимумом в сентябре. Размах сезонных колебаний солености в этом слое наиболее велик в прибрежных районах, где составляет 0,23, уменьшаясь в

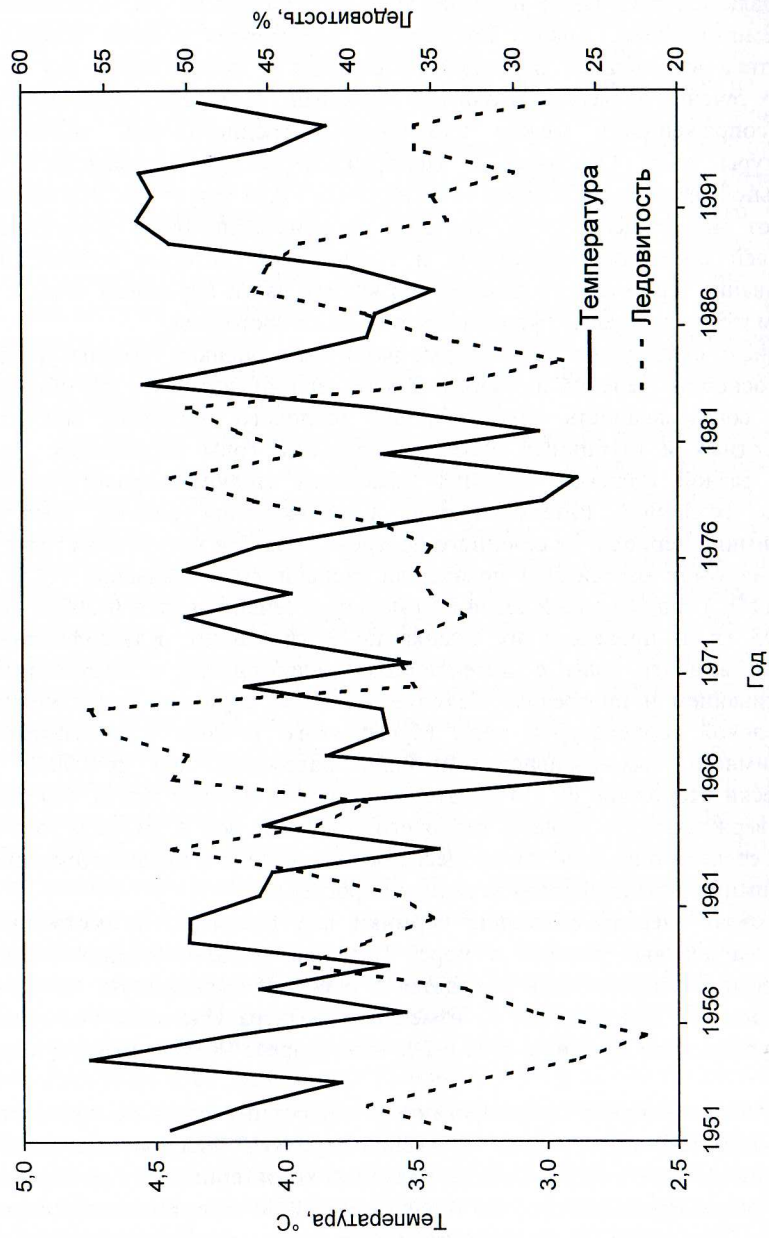


Рис.2. Изменения температуры воды Мурманского течения в слое 0-200 м на разрезе "Кольский меридиан" и общей ледовитости Баренцева моря с 1951 по 1995 г.

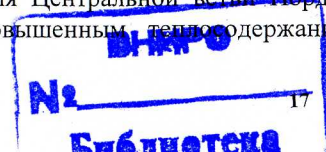
мористой части разреза до 0,10. В то же время в водах Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений в более глубоких (50-200, 150-200 м) слоях величина колебаний этого показателя не превышала 0,03.

Рассматривая изменения солености вод ветвей Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений за 1951-1998 гг. для всех слоев, мы обнаружили значительные межгодовые колебания данного параметра, во много раз превышающие сезонные. Например, размах многолетних колебаний среднегодовых значений солености вод Основной ветви Мурманского течения в слое 0-50 м составил 0,37, сезонных – 0,13, в слое 150-200 м – 0,21 (сезонных – 0,02).

Классификация по 3 градациям халинного состояния вод позволила выделить период с 1951 по 1975 г., когда соленость Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течения была близка к норме или превышала ее, а в последующие 1976-1996 гг. соответствовала среднемноголетней или была ниже (рис.3).

Необходимо отметить, что переход от повышенных величин солености к пониженным наблюдался во второй половине 70-х годов, когда наиболее низкие значения солености во всех слоях были отмечены в 1979-1980 гг. Дефициту солености сопутствовало аномальное понижение термичности вод Мурманского течения, вызванное существенным ослаблением адвективного фактора. Полученные материалы согласуются с результатами работ (Dickson, Blindheim, 1984; Dickson et al., 1988), в которых указывалось на добегание вод, зародившихся в районе к северу от Исландии во второй половине 60-х годов и имеющих дефицит солености, в район Шпицбергена и Баренцева моря именно в 1978-1980 гг.

В 80-90-е годы наиболее низкие значения солености отмечались в 1982-1984, 1989, 1995 гг., причем по уровню теплового состояния вод данные годы были отнесены к категории теплых. Это давало основание предположить, что в указанные годы в Баренцево море поступало больше, чем обычно, теплых и менее соленых прибрежных вод Норвежского течения. Анализ положения водных масс на разрезе "Кольский меридиан" в августе-сентябре показал, что в теплые годы объем прибрежной водной массы значительно больше обычного и эти воды отмечаются не только в прибрежных районах, но и в мористой части разреза (ст.3-5), тем самым понижая соленость вод Основной ветви Мурманского течения. В то же время в годы с повышенной термичностью увеличивается объем атлантических вод в северной части разреза и возрастают термохалинные характеристики Центральной ветви Нордкапского течения (Бойцов, Терещенко, 1997, 1998). На это указывают также низкие коэффициенты корреляции ($r=-0,13$ и $r=0,10$ при $n=45$) между изменениями среднегодовых значений температуры и солености вод ветвей Мурманского течения и значимые ($r=0,60$ при $p=0,001$, $n=45$) – для Центральной ветви Нордкапского течения. Таким образом, в годы с повышенным тепло- и соленодержанием вод южной части Баренцева



моря отмечаются распреснение вод Прибрежной и Основной ветвей Мурманского течения и некоторое осолонение вод Центральной ветви Нордкапского течения.

2.2. Многолетняя динамика термики вод ветвей Нордкапского и Мурманского течений

В последние годы появился ряд работ, в которых показана важная роль многолетних изменений системы “атмосфера-криосфера-гидросфера” в формировании урожайности поколений основных промысловых рыб Баренцева моря (трески, пикши, мойвы, сайки), их распределения, условий нагула, зимовки, нереста, сезонных миграций (Бочков и др., 1987; Мидтгун, Луенг, 1987; Бочков и др., 1991; Бочков, Терещенко, 1992, 1993 и др.). Очевидна актуальность изучения особенностей межгодовых колебаний гидрометеорологических показателей в Баренцевом море, в частности такого параметра абиотических условий, как температура воды.

С 1951 г. осуществляется практически ежемесячный мониторинг температуры и солености воды ветвей Нордкапского и Мурманского течений на основных стандартных разрезах № 3 (“Нордкап-Медвежий”), № 29 (“Широтный”), № 6 (“Кольский меридиан”), № 8 (“Харловский”), № 10, 37 (“Канинский”). На основе этой информации был сформирован непрерывный массив месячных и годовых значений температуры воды на этих разрезах в слоях 0-50, 0-200, 50-200, 150-200 м, а также температуры воздуха на прибрежных станциях и общей ледовитости моря за период с 1951 по 1998 г. Для оценки уровня теплового состояния рассматриваемых показателей использовалась классификация по 5-балльной шкале. Результаты анализа были представлены в виде характеристик теплового состояния вод (табл.3), а также как календарь однотипного состояния системы “атмосфера-криосфера-гидросфера” (табл.4) Баренцева моря (Терещенко, Двинина, Боровая, 1985; Бочков, Двинина, Терещенко, 1987; Бочков, Терещенко, 1992; Терещенко, 1993, 1997, 1999).

Выявлены значительные межгодовые колебания, которые характеризуются рядом долговременных вариаций, резко отличающихся друг от друга как величиной, так и направленностью развития атмосферных и океанических процессов. Для 1951-1998 гг. отчетливо выделяется ряд долговременных периодов потеплений (1951-1955, 1959-1962, 1972-1976, 1983-1984, 1989-1995 гг.) и похолоданий (1956-1958, 1965-1969, 1977-1982, 1986-1987, 1996-1998 гг.).

На основе комплексного анализа метеорологических и океанографических материалов, а также данных по ледовитости выявлены особенности условий среды в Баренцевом море и рассмотрены причины их формирования для каждого из этих периодов (Сарынина, Терещенко, 1984; Бочков, Двинина, Терещенко, 1987; Бочков, Терещенко, 1992; Терещенко, 1999).

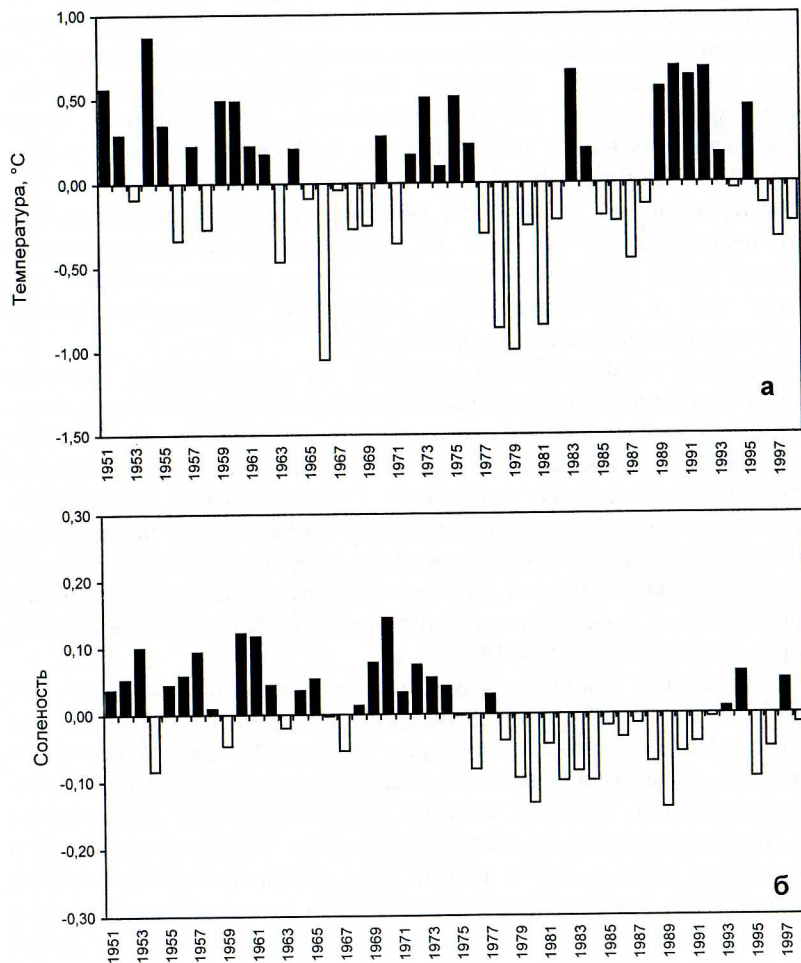


Рис.3. Аномалии температуры (а) и солености (б) воды Мурманского течения в слое 0-200 м на разрезе “Кольский меридиан” с 1951 по 1998 г.

Таблица 3

Характеристика теплового состояния вод основных течений в слое 0-200 м на стандартных разрезах Баренцева моря в 1951-1998 гг.

Год	Разрез, станция								
	№ 3, ст. 2-6	№ 29, ст. 8-12	№ 6, ст. 8-10	№ 6, ст. 3-7	№ 8, ст. 4-8	№ 10, ст. 1-6	№ 37, ст. 12-16	№ 6, ст. 1-3	№ 8, ст. 1-4
	1951	4*	4	4	4	4	4	-	3
1952	3	3	3	4	3	3	-	3	3
1953	3	2	3	3	3	3	-	3	3
1954	5	5	4	5	5	5	5	4	4
1955	3	4	4	4	4	4	4	3	4
1956	3	3	3	2	3	3	3	2	2
1957	4	5	4	3	3	3	2	3	3
1958	3	3	3	2	3	2	2	2	2
1959	4	3	4	4	4	4	4	4	4
1960	4	4	4	4	4	4	4	4	3
1961	4	4	4	3	3	3	3	4	4
1962	3	3	2	3	3	3	3	3	4
1963	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1964	4	3	4	3	3	3	3	4	4
1965	2	2	3	3	3	3	3	2	2
1966	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1967	3	3	3	3	3	3	2	3	3
1968	2	1	1	2	3	3	2	3	3
1969	3	3	2	2	2	2	1	3	2
1970	3	3	3	4	3	3	3	3	4
1971	3	2	2	2	3	3	3	3	3
1972	4	4	4	3	3	3	3	4	4
1973	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1974	3	4	4	3	3	3	3	3	3
1975	3	4	4	4	4	4	4	4	4
1976	3	3	3	3	4	4	4	3	3
1977	1	2	2	2	3	3	3	2	3
1978	1	1	1	1	1	1	2	1	2
1979	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1980	2	3	2	2	3	3	3	2	2
1981	2	2	2	1	1	2	1	1	1
1982	3	3	2	3	2	2	2	3	3
1983	4	4	4	4	4	4	4	4	5
1984	3	3	3	3	4	4	4	3	3
1985	3	3	3	3	3	3	3	2	2
1986	2	2	2	3	3	3	3	2	3
1987	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1988	3	2	3	3	3	3	3	2	3
1989	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1990	5	5	5	4	4	4	4	5	4

Окончание табл.3

Год	Разрез, станция								
	№ 3, ст. 2-6	№ 29, ст. 8-12	№ 6, ст. 8-10	№ 6, ст. 3-7	№ 8, ст. 4-8	№ 10, ст. 1-6	№ 37, ст. 12-16	№ 6, ст. 1-3	№ 8, ст. 1-4
1991	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1992	4	4	4	4	4	4	4	5	4
1993	4	4	4	3	3	4	4	3	3
1994	-	-	4	3	-	-	-	3	-
1995	-	-	-	4	-	-	-	4	-
1996	-	-	-	3	-	-	-	3	-
1997	-	-	2	2	-	-	-	3	-
1998	-	-	2	2	-	-	-	2	-

*1 – аномально холодный год; 2 – холодный год; 3 – нормальный;
4 – теплый год; 5 – аномально теплый год.

Таблица 4

Календарь состояния системы «атмосфера-гидросфера-криосфера» (Т_а – температура воздуха, Т – температура воды, Л – ледовитость) Баренцева моря за 1951-1998 гг.

Период	Продолж., лет	Т _а	Т	Л	"Тепловая" характеристика
1951-1955	5	4/5*	4/5	4/5	Теплый
1956-1958	3	2	2	4	Холодный
1959-1962	4	4	3/4	3	Теплый
1963	1	3	2	2	Холодный
1964	1	4	4	3	Теплый
1965-1969	5	2	2	2	Холодный
1970	1	4	4	3	Теплый
1971	1	2	2	3	Холодный
1972-1976	5	4/5	3/4	4	Теплый
1977-1982	6	2	1	2	Холодный
1983-1984	2	3/4	3/4	4	Теплый
1985	1	3	2/3	4	Нормальный
1986-1987	2	2	2	2	Холодный
1988	1	3	3	2	Нормальный
1989-1995	7	5	4	4	Теплый
1996-1998	3	3/2	3/2	2	Холодный

*1 – аномально холодный год; 2 – холодный год; 3 – средний (нормальный) год;
4 – теплый год; 5 – аномально теплый год.

За последние 50 лет наблюдений выделяется временной промежуток экстремального развития гидрометеорологических процессов – период аномального похолодания 1977-1982 гг., который длился непрерывно с октября 1976 г. по апрель 1982 г. на западе моря и по октябрь 1982 г. на востоке. Ослабление адвекции тепла и солей из Норвежского моря, а также преобладание ветров северных направлений и интенсификация под их воздействием холодных течений способствовали формированию в 1977-1982 гг. в водах Баренцева моря суровых ледовых условий и значительного

дефицита тепла. Негативное влияние этого явления отразилось на экосистеме Баренцева моря и имело глубокие биолого-промысловые последствия. Прежде всего похолодание сказалось на воспроизводстве трески и пикши. Так, появившиеся в эти годы поколения оценивались как бедные или очень бедные (Треска Баренцева моря, 1996; Ковцова и др., 1989). Бедные по численности поколения распределялись на незначительной акватории моря, преимущественно в его западных районах.

Наибольший интерес представляет современный период потепления – 1989-1995 гг. Зимой 1989 г. в Баренцевом море сложилась необычная синоптическая ситуация, которая была обусловлена аномальностью атмосферных процессов в Северной Атлантике и привела к резкой перестройке термики вод моря от холода к теплу. Это явилось началом мощного потепления вод Баренцева моря, продолжавшегося до 1995 г. включительно, а в районе архипелага Шпицберген (исключая 1997 г.) оно наблюдается и по настоящее время. В течение многих лет температура Нордкапского, Мурманского, Новоземельского, Норвежского (к западу от о-ва Медвежий), Западно-Шпицбергенского и Зюйдкапского течений в слое 0-200 м оставалась выше нормы на 0,2-0,7 °С, а в отдельных случаях положительные аномалии составляли 0,9-1,3 °С. Общая ледовитость моря была на 3-10 % меньше нормы. Теплые воды были экстремально широко распространены в северном и восточном направлениях. Значительно отеплены были южные и северные участки анклава Баренцева моря. Отмечены случаи поступления теплых вод Западно-Шпицбергенского течения в Баренцево море через северные проливы. Необходимо констатировать, что подобное столь продолжительное потепление вод Баренцева моря и района архипелага Шпицберген наблюдалось во второй половине XX века впервые. Отмечалось значительное и разнообразное влияние потепления 90-х годов на воспроизводство и распределение биоты Баренцева моря (Терещенко, Бочков, 1994). Итоги ихтиологических исследований ПИНРО показали значительное увеличение численности трески и пикши на ранних стадиях развития по сравнению с предшествующими годами. Устойчивый южный и юго-западный перенос воздушных масс вызвал увеличение интенсивности Нордкапского, Мурманского, Западно-Шпицбергенского течений, что способствовало широкому и более северному, северо-восточному распределению личинок трески и пикши (Preliminary report..., 1992). Значительное потепление вод основных течений в период температурного минимума (положительные аномалии составляли 0,7-1,0 °С) обеспечило хорошую выживаемость молоди промысловых рыб. Регистрировалось увеличение биомассы зоопланктона (Drobysheva et al., 1992). Хорошая кормовая база и повышенное теплосодержание водных масс способствовали, как показали ихтиологические исследования, более ускоренному росту и большей прибавке в весе трески и пикши (Kovtsova, 1993) разных возрастов, что

сказалось на увеличении биомассы, а в конечном итоге и на величине промыслового запаса этих видов.

3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОД АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

Воды, омывающие архипелаг Шпицберген, – особый географический регион Мирового океана со сложным комплексом факторов, формирующих его гидрологический и биологический режимы. По промысловому районированию воды архипелага входят в Медвежинско-Шпицбергенский район, который является одним из важных районов тралового промысла.

На основе многочисленных океанографических наблюдений, собранных в этом районе (см.рис.1а), нами были установлены некоторые закономерности сезонных и многолетних изменений термохалинного и динамического состояния вод Восточной и Средней ветвей Норвежского, Западно-Шпицбергенского, Зюйдкапского и Восточно-Шпицбергенского течений, характеризующие океанографические условия вод архипелага Шпицберген.

3.1. Пространственно-временные изменения термохалинных показателей

В зимне-весенний период в районе архипелага Шпицберген количество океанографических наблюдений незначительно из-за наличия льда. Представление о пространственно-временных изменениях термохалинных показателей дают материалы ежегодных океанографических съемок, выполняемых в летне-осенний период.

Анализ среднемноголетних данных показал общее понижение термохалинных характеристик вод Западно-Шпицбергенского течения с юга на север при повышении температуры на 0,7-1,0 °С и понижении солености на 0,1-0,7 от июня к октябрю. Изменения океанографических показателей от лета к осени наиболее значительны в верхнем 100-метровом слое и невелики в глубинных слоях. В октябре воды Западно-Шпицбергенского течения с температурой 4-6 °С распространяются значительно севернее и занимают большую по глубине площадь, чем в июне. С продвижением вод на север прослеживается заглужение до 50-150 м стрегня Западно-Шпицбергенского течения. Глубже 150 м температура воды плавно понижается до отрицательных значений на глубинах 800-1000 м. В то же время соленость с глубиной увеличивается, и в основной массе вод ниже горизонта 75 м она составляет 34,9-35,0 (Tereshchenko, 1991).

Термохалинные условия в районе Северного Шпицбергена изучены мало из-за наличия льдов и отдаленности региона. Лишь в отдельные годы (например, осенью 1984, 1985, 1989, 1990 гг.), когда тепловое состояние вод Западно-Шпицбергенского течения было повышенным и над районом преобладали ветры южных направлений, создавались благоприятные

условия для образования здесь полыньи и район был открыт для проведения исследований (Терещенко, Несветова, 1992; Tereshchenko, 1986). В теплые годы севернее 80° с.ш. поверхностные воды с соленостью 34,0-34,5 прогреваются до 4,5-5,5 °С, а наибольшие значения температуры (5,5-6,2 °С) отмечаются в слое 50-100 м. У дна воды с температурой 4,2-5,2 °С (по значениям температуры условия сопоставимы с юго-западной частью Баренцева моря на 70-72° с.ш.) распространены на шельфе, заполняя впадины и желоба. В такие годы значительно возрастает промысловая роль этих районов, увеличивается возможность лова креветки, а треска и даже пикша отмечаются на 80° с.ш. и севернее.

Температура вод Восточно-Шпицбергенского течения вдоль южных и юго-западных берегов о-ва Западный Шпицберген в ноябре-мае имеет от поверхности до дна отрицательные значения, а соленость составляет 34,1-34,4. Летом температура вод повышается до 2,0-3,0 °С, а соленость понижается до 32,7-33,4. По среднемноголетним данным, в октябре температура Восточно-Шпицбергенского течения составляет 0,0-1,0 °С, соленость – 33,6-34,4. Наибольшее распространение эти распресненные воды имеют в верхнем 10-метровом слое, с глубиной их объем уменьшается, уступая место более плотным водам атлантического происхождения. На мелководье (до глубин 30-40 м) наблюдается гомотермия, а соленость с глубиной увеличивается.

Выявлены тесные синхронные и асинхронные связи изменений температуры на разрезах, пересекающих воды Норвежского (начиная от разреза по 72°50' с.ш. и севернее), Западно-Шпицбергенского и Зюйдкапского течений (Терещенко, 1984). Наилучшие сопряженности ($r=0,76-0,86$, $n=17$) отмечены для термики вод Средней ветви Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений, Восточной ветви Норвежского и Зюйдкапского течений. Полученные связи использовались нами для восстановления отсутствующих наблюдений температуры на разрезах, а также в прогностических целях.

Особенности сезонного хода температуры воды Восточной и Средней ветвей Норвежского течения характерны и для хода этой характеристики вод Западно-Шпицбергенского течения, так как изменения температуры атлантических вод на юге и севере района тесно сопряжены. Установлено, что средние значения температуры воды Восточной ветви Норвежского течения во всех слоях выше, чем Средней, однако характер сезонного хода этого параметра аналогичный. Максимальные значения температуры воды в слоях 0-50, 0-200 м наблюдаются в августе, минимальные – в марте-апреле. Необычный характер сезонного хода температуры в слоях имеют воды теплого Зюйдкапского течения над глубинами 150-300 м, где в течение всего года, кроме июля-сентября, температура воды в глубинном слое (50-200 м) выше, чем в поверхностном (0-50 м). Такой вид кривых сезонного хода температуры характерен для атлантических вод, проникающих на участки шельфа и подверженных влиянию прибрежных вод и льдов.

Данные среднемноголетнего сезонного хода средней солености вод Восточной ветви Норвежского течения (разрез по 74°30' с.ш.) указывают, что в течение года соленость во всей толще однородна – 35,0-35,1. В водах Зюйдкапского течения сезонные колебания этой характеристики солености, а также ее изменения по глубине составляют 0,2-0,4.

3.2. Межгодовая изменчивость гидрологического режима

На формирование гидрологического режима вод архипелага Шпицберген влияет ряд факторов, основными из которых являются адвекция тепла атлантических вод Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений, а также процессы взаимодействия атмосферы и гидросферы в масштабах Северо-Европейского бассейна.

Наблюдается тесная согласованность долговременных климатических изменений температуры и солености воды Норвежского и Баренцева морей и, в частности, вод в районе архипелага Шпицберген (Терещенко, 1995, 1999). В то же время имеются и локальные отличия, вызванные разной степенью воздействия на формирование гидрологического режима вод в районе Шпицбергена и южной части Баренцева моря факторов адвективного, барико-синоптического и криосферного характера. Например, период с 1972 по 1976 г. по тепловому состоянию вод Зюйдкапского течения и южной части Баренцева моря характеризуется как теплый, однако температура Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений в эти годы соответствовала норме. В 1998-1999 гг. аномальное тепло, охватившее и воды архипелага Шпицберген, отмечалось на западе, северо-западе Баренцева моря, в то же время значительный дефицит тепла был зарегистрирован на востоке и юго-востоке моря.

Материалы, собранные в сентябре-октябре в период проведения съемки молоди донных рыб, позволили выявить несколько ситуаций, характеризующих особенности межгодовой изменчивости термики вод в Медвежинско-Шпицбергенском районе. Так, по уровню теплового состояния вод в районе Западного Шпицбергена и Зюйдкапского желоба к категории теплых лет можно отнести 1959-1961, 1969-1976, 1982-1984, 1989-1995, 1998-1999 гг., к категории холодных – 1963-1968, 1977-1981 гг. В отдельные годы (1962, 1975, 1980 гг.) температура воды в районе Западного Шпицбергена была выше нормы, а в Зюйдкапском желобе – ниже среднемноголетней. Противоположная картина отмечалась в 1969, 1986 и 1987 гг., когда теплосодержание вод Зюйдкапского желоба превышало норму, а воды в районе Западного Шпицбергена были значительно холоднее обычного.

Межгодовые колебания солености атлантических вод Восточной ветви Норвежского, Зюйдкапского течений за 1951-1998 гг. не превышали $\pm 0,15$, однако к середине 70-х годов прослеживалась тенденция понижения солености с минимумом в 1978-1979 гг. (Терещенко, 1996).

3.3. Циркуляция вод и фронтальные зоны

Динамика вод в районе архипелага Шпицберген формируется под воздействием теплых атлантических вод Норвежского, Западно-Шпицбергенского и Зюйдкапского течений и холодных вод Восточно-Шпицбергенского и Медвежинского течений. В районе исследования, где происходит интенсивный обмен и взаимодействие вод различного происхождения, наблюдается сложная картина циркуляции. Здесь значительная изменчивость динамики вод, обусловленная бароклинной и баротропной неустойчивостью течений и орографическим эффектом, усугубляется сложностью метеорологических условий.

Анализ интенсивности Норвежского и Зюйдкапского течений указывает на их значительную межгодовую изменчивость. Наиболее мощной и относительно устойчивой во времени является Восточная ветвь Норвежского течения, воды которой следуют вдоль материкового склона на север и в июне несут 46 %, а в сентябре – 60 % от общего расхода воды всего Норвежского течения на разрезе. Наибольшая изменчивость мощности восточного потока отмечается в июне (коэффициент вариации равен 80 %), а наименьшая – в июле (28 %). Геоострофические скорости и расход воды свидетельствуют об увеличении интенсивности Восточной ветви Норвежского течения к осени (Терещенко, 1978). Его Средняя ветвь имеет небольшую скорость и более сложную структуру, подверженную значительной изменчивости в результате возникновения круговоротов и вихрей обоих знаков. Характерной для Восточной и Средней ветвей Норвежского течения является тесная корреляционная связь ($r=0,89$) между расходами воды и тепла, свидетельствующая о том, что изменения в переносе тепла определяются главным образом колебаниями скоростей течения (Кисляков, 1964; Терещенко, 1978).

Севернее о-ва Медвежий происходит отделение части вод Норвежского течения в Зюйдкапский желоб в виде Зюйдкапского течения. Другая часть вод следует на север вдоль материкового склона уже как Западно-Шпицбергенское течение с относительной скоростью 12-15 см/с, проникая по желобам, трещинам и долинам на шельф Шпицбергена. Течение меандрирует, образует круговороты и вихри. Вблизи о-ва Принца Карла его относительная скорость увеличивается до 13-17 см/с, а далее к северу уменьшается до 4-9 см/с (Tereshchenko, 1991).

С помощью динамического метода на основании данных 1949-1981 гг. нами выполнены расчеты скоростей течений и оценены объемы переноса вод Зюйдкапского, Восточно-Шпицбергенского и Медвежинского течений на разрезе «о-в Медвежий-м.Зюйдкап». Выяснено, что среднемноголетний результирующий поток вод за май-декабрь составил 1245,8 км³ и был направлен в Баренцево море. Максимальный перенос вод в Баренцево море зарегистрирован в августе (350 км³), а в октябре и ноябре результирующее течение было направлено из Баренцева моря, его объем составил 335 и

245 км³ соответственно. Полученные оценки переноса вод на этом разрезе использованы при расчете водного баланса Баренцева моря (Потанин и др., 1983).

Холодные воды Восточно-Шпицбергенского и Медвежинского течений имеют местное происхождение и образуются в результате зимней вертикальной циркуляции (Адров, 1958). Нами было установлено, что мощность этих течений усиливается от мая к августу-сентябрю. Воды Восточно-Шпицбергенского течения берут начало из Стур-фьорда, огибают м.Зюйдкап и следуют на север. Интенсивность течения с продвижением на север уменьшается от 13-15 см/с в районе южной оконечности Шпицбергена до 3-5 см/с – на широте Бельсунн-фьорда. Воды Медвежинского течения, зарождающиеся к востоку от о-ва Эдж, движутся в южном направлении восточнее о-ва Надежда и далее вдоль юго-восточного склона Шпицбергенской банки. Часть их, огибая южные склоны о-ва Медвежий, включается в антициклонический круговорот вокруг него, а другая часть следует вдоль южных склонов Зюйдкапского желоба. К этим водам присоединяется теплое Зюйдкапское течение, которое со скоростью 3-5 см/с продвигается на северо-восток и образует в желобе циклоническую циркуляцию.

На карте геострофической циркуляции, построенной по среднемноголетним (1959-1986 гг.) данным сентября-октября, была выявлена сложная в динамическом отношении картина на водоразделе Норвежского и Баренцева морей, т.е. на входе в Зюйдкапский желоб. Так, над материковым склоном и шельфом южнее широты залива Хорнсунн (77° с.ш.) при генеральном северном переносе отмечается небольшой ширины поток вод, следующих в южном направлении. Это противотечение имеет относительную скорость 2-4 см/с и прослеживается до о-ва Медвежий. Течение, направленное на юг, отмечалось и на картах динамической топографии, составленных ранее для разных лет и сезонов (Пенин, 1965; Терещенко, 1979). Подтверждением его существования может также служить произошедший в декабре 1956 г. – январе 1957 г. случай с судном, дрейфовавшим в южном направлении при сильных штормовых западных и юго-западных ветрах (Лобанов, 1957).

В результате взаимодействия теплых высокосоленных вод атлантического происхождения и распресненных холодных арктических вод четко выражена фронтальная зона – Полярный фронт. Так, западнее о-ва Медвежий между водами Восточной ветви Норвежского и Медвежинского течений среднемноголетнее положение фронтальной зоны от поверхности до дна проходит по 16°58' в.д. Анализ сезонного многолетнего положения фронтальной зоны показал, что наиболее восточное ее положение отмечается в мае (17°22' в.д.), западное – в октябре (16°42' в.д.). Горизонтальные градиенты океанографических характеристик здесь значительны, особенно в осенне-зимний период. В октябре-январе они

составляют 0,2-0,3 °С/км по температуре и 0,02-0,03 1/км по солености (Терещенко, 1978).

По среднемноголетним данным на стандартных разрезах и галсах в Медвежинско-Шпицбергенском районе, в сентябре-октябре Полярный фронт четко прослеживается в поле температуры (0,05-0,15 °С/км) и солености (0,04-0,1 1/км) в районах взаимодействия относительно холодных распресненных вод Восточно-Шпицбергенского и теплых высокосолёных вод Западно-Шпицбергенского течений, а также в районе о-ва Принца Карла и далее северо-западнее о-ва Западный Шпицберген. В Зюйдкапском желобе в рассматриваемый период отмечен лишь фронт в поле температуры воды, горизонтальные градиенты температуры не превышали 0,05 °С/км.

Впервые было обращено внимание на термический фронт вдоль материкового склона от о-ва Медвежий и далее на север до 80° с.ш. на глубинах 600-900 м. Он образуется при взаимодействии холодных глубинных вод Норвежского и Гренландского морей и относительно теплых вод Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений. Глубинный термический фронт четко прослеживается по повышенным горизонтальным градиентам температуры воды в придонном слое, которые, по среднемноголетним данным, составляют 0,10-0,15 °С/км (Терещенко, 1990) и значительно увеличиваются при повышении температуры теплой составляющей.

Отмеченные выше генеральные особенности гидрометеорологического режима вод Баренцева моря, а также его сезонные и межгодовые изменения отражаются как на формировании численности поколений основных промысловых рыб, так и на их распределении и поведении в периоды нагульных, зимовальных и нерестовых миграций.

4. ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОКОЛЕНИЙ ТРЕСКИ В МЕДВЕЖИНСКО-ШПИЦБЕРГЕНСКОМ ПРОМЫСЛОВОМ РАЙОНЕ

Наряду с вопросом о причинах колебаний общей численности трески в Баренцевом море, большое практическое значение имеет проблема формирования поколений в отдельных промысловых районах, важное место среди которых занимает Медвежинско-Шпицбергенский. В отдельные годы доля этого района в общем объеме вылова трески в Баренцевом море достигает 25-35 %. Наибольшие уловы здесь наблюдаются в те годы, когда промысел базируется преимущественно на поколениях от 3 до 8 лет, имевших большую численность в возрасте неполных 1, 2 и 3 (0+, 1+, 2+) лет (Пономаренко, 1982).

Формирование поколений лфотено-баренцеморской трески в Медвежинско-Шпицбергенском промысловом районе в значительной степени зависит от численности ее икры и личинок, занесенных в эту часть моря из района лфотенских нерестилищ. Многие исследователи (Расс,

1949; Маслов, 1946; Бараненкова, 1957; Кисляков, 1961; Мухин, Двинина, 1978, 1984) считали, что основные пути дрейфа икры и личинок трески определяются интенсивностью ветвей Нордкапского и Шпицбергенского течений. Корлетт (Corlett, 1964) связывал увеличение заноса икры и личинок трески в район Шпицбергена с усилением ветров южных направлений. А.Г.Кисляков (1964), установивший на основе анализа динамических карт наличие гребня повышенного уровня моря на водоразделе Баренцева и Норвежского морей, пришел к выводу, что эта особенность динамической топографии определяет характер дрейфа ихтиопланктона: при слабом развитии гребня большее количество икры и личинок заносится в южную часть Баренцева моря, а при сильном – в северную. Однако последующий анализ, выполненный по более продолжительным рядам наблюдений (Терещенко, 1980), показал, что эта закономерность проявляется не всегда. Например, для урожайных поколений 1963 и 1975 гг. характерна альтернативная направленность преимущественного заноса икры и личинок: в 1963 г. – в Медвежинско-Шпицбергенский район, в 1975 г. – в южную часть моря, хотя в обоих случаях наблюдался четко выраженный динамический гребень. В то же время весной 1970 г. гребень на водоразделе Норвежского и Баренцева морей был выражен очень слабо, однако занос ихтиопланктона в северо-западные районы моря оказался значительным.

Подробный анализ гидрометеорологических условий на водоразделе Норвежского и Баренцева морей в годы появления урожайных поколений трески (1963, 1970, 1975 гг.) показал, что характер разноса икры и личинок определяется комплексом абиотических факторов, важнейшими из которых являются соотношение интенсивности Норвежского и Нордкапского течений, преобладающий перенос воздушных масс и положение атлантической водной массы в районе нерестилищ (Терещенко, 1977, 1980, 1982). Так, при усилении Норвежского течения по сравнению с Нордкапским увеличивается занос ихтиопланктона в район Шпицбергена, а при большей интенсивности Нордкапского течения преобладает дрейф икры и личинок в южную часть моря. Нами установлена тесная обратная связь между мощностью Нордкапского течения и показателем численности трески в возрасте 0+ (экз./1 ч траления) в Медвежинско-Шпицбергенском районе.

Интенсивность Норвежского течения тесно связана с направлением воздушных потоков (Кисляков, 1960; Сарынина, 1980; Lee, 1961). Нами была получена количественная оценка влияния господствующих ветров на дрейф икры и личинок трески и показано, что преобладающие над рассматриваемой акваторией ветры южных направлений способствуют формированию поколений трески в Медвежинско-Шпицбергенском районе, а северных – препятствуют.

Выявлено, что чем мористее располагается атлантическая водная масса в районе лфотенских нерестилищ, тем меньше вероятность попадания ихтиопланктона в атлантические воды, следующие на север. Такая ситуация сложилась, например, в 1975 г., когда граница

атлантической водной массы находилась на 60-100 миль мористее, чем в 1963 и 1970 гг.

При заносе икры и личинок трески в район Шпицбергена на формирование молодого поколения оказывают влияние местные динамические процессы, а также обусловленное ими распределение термохалинных показателей водных масс. Одним из таких факторов, отражающих условия обитания трески на ранних стадиях развития, является температура поступающих сюда вод Норвежского течения.

Связь показателя численности трески в возрасте 0+ (донные сеголетки) в Медвежинско-Шпицбергенском районе с перечисленными выше абиотическими показателями характеризуется коэффициентом множественной корреляции $0,80 \pm 0,06$ (1959-1975 гг., $n=17$). Уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 1,049 \cdot X_1 - 14,867 \cdot X_2 + 15,369 \cdot X_3 - 34,282 \cdot X_4 + 1199,190,$$

- где Y - показатель численности поколений в возрасте 0+, экз. на 1 ч траления;
- X_1 - сумма разностей среднемесячного атмосферного давления в районах о-ва Медвежий и о-ва Ян-Майен за март-май;
- X_2 - расход воды Нордкапского течения на разрезе м.Нордкап-о-в Медвежий (разрез № 3, ст.2-6 в слое 0-200 м в мае;
- X_3 - температура воды Восточной ветви Норвежского течения в слое 0-200 м на разрезе по $74^{\circ}30'$ с.ш. к западу от о-ва Медвежий в июне;
- X_4 - соленость вод Восточной ветви Норвежского течения в слое 0-50 м на разрезе по $69^{\circ}20'$ с.ш. в июне.

Тесная связь между показателями численности трески в возрасте 0+ и 2+ позволяет прогнозировать численность 3-годовиков лодотенобаренцеморской трески в Медвежинско-Шпицбергенском промысловом районе с заблаговременностью более 2 лет.

5. ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ ТРЕСКИ В ПЕРИОД НАГУЛА

5.1. Тепловое состояние водных масс и положение термических фронтов, их обостренность и распределение промысловых скоплений трески

Исследовались особенности термических фронтов Баренцева моря (их положение и обостренность), параллельно рассматривалось распределение трески на основе данных промысла и материалов съемок запасов рыбы.

Объем и пространственное распределение собираемого в 80-90-е годы океанографического материала позволяли с достаточной надежностью получать ежемесячные карты распределения горизонтальных градиентов температуры воды и выделять положение термических фронтов по повышенным значениям этого показателя. Качественный анализ этих карт

показал, что в районах взаимодействия холодных вод Медвежинского и Восточно-Шпицбергенского течений с теплыми водами Нордкапского и Зюйдкапского течений термические фронтальные зоны во все сезоны наиболее четко проявляются в промежуточных слоях (50-150 м). В районах контакта теплых вод Центральной ветви Нордкапского и Основной ветви Мурманского течений с холодными водами Центральной возвышенности и Центрального желоба фронтальная зона имеет наклон в сторону холодных вод. В результате в отдельных случаях термический фронт у дна располагается на 60-80 миль западнее и 10-40 миль южнее, чем в промежуточных слоях, причем наибольшие горизонтальные градиенты температуры воды в этих районах отмечаются обычно в придонном слое.

Установлено, что обостренность термических фронтальных зон в Баренцевом море зависит от теплового состояния вод, поступающих из Норвежского моря, и вод арктического и баренцевоморского происхождения. Значительное обострение термических фронтов наблюдалось в теплые годы, следующие после похолодания, например, в 1983, 1989 гг., когда значительно повышалась температура теплой составляющей, а холодные воды еще сохраняли низкий уровень теплового состояния. Обычно уменьшение градиентов температуры воды отмечалось в холодные годы, а также в последние годы теплого периода, например, в 1992 г. Отмечен сезонный ход величины горизонтальных градиентов температуры воды. В придонном слое фронт в поле температуры наиболее обострен в ноябре-декабре и наименее выражен в апреле-мае.

Географическое положение некоторых участков фронтальных зон в Баренцевом море зависит от интенсивности атлантических потоков. Так, в теплые годы, когда усилена адвекция, Зюйдкапское, Северная ветвь Нордкапского, Новоземельское течения хорошо выражены, их воды проникают далеко на север и северо-восток, где взаимодействуют с холодными водами арктического и баренцевоморского происхождения. В таких случаях обостренные участки фронтальных зон отмечаются значительно севернее и северо-восточнее среднемноголетнего положения, например, в придонном слое эта разница в расстоянии может составлять 60-80 миль. В холодные годы при увеличении в придонных слоях объема вод с отрицательными значениями температуры наблюдается противоположная картина. Кроме того, в отдельные холодные годы (1986, 1987 гг.) термический фронт в придонном слое, например, на участках взаимодействия Северной ветви Нордкапского и Медвежинского течений вообще не регистрировался или же, наоборот, проявлялся в районах, где в нормальные или теплые годы не отмечался (центральная часть района Копытова, северо-западная часть Нордкинской банки, южный склон Гусиной банки).

Анализ распределения трески Баренцева моря на протяжении года показывает, что характер ее сезонных миграций во многом зависит от изменений термики вод. Начало нагульной миграции трески в северном и

восточном направлении обычно совпадает с началом сезонного прогрева водной толщи. Сопоставление распределения трески и расчетных горизонтальных градиентов температуры воды по месяцам показало, что в течение значительной части года треска придерживается районов с повышенными градиентами температуры воды, т.е. концентрируется на обостренных участках фронтальных зон. Наиболее четкая приуроченность скоплений к фронтальным зонам отмечается в период нагульных миграций, когда поведение и распределение рыбы зависит главным образом от состояния кормовой базы. Так, в летние месяцы треска мигрирует на восток и северо-восток по Основной ветви Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений. Наиболее плотные ее концентрации отмечаются в районах Демидовской банки, Мурманского языка, Центрального плато и Северо-Западного склона Мурманской банки на обостренных участках термического фронта с температурой воды у дна 1-3 °С. К осени треска достигает на востоке моря окраинных участков ареала и даже в холодные годы создает плотные скопления в районе Гусиной банки и северной части Новоземельского мелководья. Рыба концентрируется на высокоградиентных участках фронтальных зон со стороны как относительно теплых (1,0-2,0 °С), так и холодных (минус 0,5-0,5 °С) вод. Отмечались случаи (1986, 1987, 1998 гг.), когда треска создавала плотные концентрации в районах о-ва Надежды, Южного и Восточного склонов Медвежинской банки, в южной части анклава и районе Сухого Носа, где фронтальная зона в придонном слое не прослеживалась, но была четко выражена в промежуточных слоях. Такие особенности распределения и поведения трески характерны для периода ее интенсивного откорма (Константинов, 1961).

В Медвежинско-Шпицбергенском районе с началом выхолаживания вод треска, отходя из районов нагула, скапливается в Зюйдкапском желобе и на Западном склоне Медвежинской банки на участках Полярного фронта, который прослеживается на глубинах 100-200 м и хорошо выражен в течение всего года (Алексеев, 1959; Терещенко, 1978). Скопления крупной рыбы на глубинах 500-600 м иногда приурочены к зоне контакта теплых атлантических вод Норвежского течения и холодных глубинных вод Норвежского и Гренландского морей, располагающейся на глубинах 600-900 м.

В октябре-ноябре, по мере сезонного охлаждения вод, начинается продвижение трески в западные районы моря. Эта миграция снова проходит в водах Основной и Прибрежной ветвей Мурманского течения вдоль фронтальных зон. Известно, что миграционные пути молоди и взрослой рыбы не совпадают. Половозрелая треска с наступлением зимнего охлаждения вод уходит из Баренцева моря в районы нереста, а неполовозрелая постепенно отступает с востока на запад в более теплые воды, где и зимует. В холодные годы районы зимовки расположены западнее, чем в теплые (Маслов, 1944, 1968; Шевелев и др., 1987), и скопления трески отмечаются в районе Норвежского желоба, на

Нордкинской, Финмаркенской и Сёре банках, а также в районе Копытова и располагаются в основном в малоградиентном поле при температуре воды у дна 3,0-4,0 °С.

Таким образом, материалы промысла убеждают в том, что температура воды и ее градиенты оказывают существенное влияние на распределение и плотность скоплений трески. Поэтому для прогнозирования распределения донных гидробионтов необходима заблаговременная оценка особенностей распределения температуры воды и положения термических фронтов в придонном слое. Начиная с 1989 г. полученные на основе инерционно-климатического подхода прогностические карты распределения температуры воды и положения термического фронта используются в качестве дополнительного материала при промысловом прогнозировании.

5.2. Потепление вод Баренцева моря в 90-е годы и рыбопродуктивность в районе анклава

Открытый участок в центральной части Баренцева моря, так называемый анклав, получил этот статус после введения в 1977 г. прибрежными государствами 200-мильных экономических зон. Начиная с 50-х годов советский траловый флот вел в указанной части моря промысел трески. Наибольшая производительность флота приходилась на летне-осенний период (август-сентябрь), т.е. на время нагульной миграции рыбы. Однако промысел здесь характеризовался большими колебаниями величины уловов и общего вылова по годам, его успешность определялась прежде всего биологией трески, а также температурными условиями и их особенностями.

В начале 90-х годов после достигнутой договоренности добывающие флоты России и Норвегии не вели промысел в зоне анклава, однако около 13 государств, в первую очередь Исландия, вели здесь незаконный промысел трески. Так, сверхдопустимый вылов этой рыбы в анклаве в 1991-1994 гг. по экспертным оценкам составил более 55 тыс.т (Терещенко, Карсаков, Лепесевич, 1999).

Гидрологический режим открытой части Баренцева моря формируется под влиянием относительно теплых вод Северной и Центральной ветвей Нордкапского течения и холодных вод Центрального желоба, Центральной возвышенности и Возвышенности Персея. По среднемноголетним данным, большая часть рассматриваемого района заполнена холодными водами с отрицательными значениями температуры. Исключение составляет юго-западная (восток Демидовской банки и прилегающие к ней участки Центральной возвышенности и Центрального желоба) и крайняя северная части района, которые находятся в зоне действия атлантических вод Центральной и Северной ветвей Нордкапского течения.

По уровню теплового состояния вод ветвей Нордкапского течения 1989-1995 гг. относятся к категории теплых или нормальных лет. Указанный период потепления был одним из самых продолжительных за последние 50 лет, так как он не прерывался холодными годами. Повышенное теплосодержание водных масс, увеличение площади распространения теплых вод (например, воды с температурой 0-2 °С на юго-западе анклава были смещены на 20-60 миль в северо-восточном, в северной части – на 20-50 миль в восточном направлении), а также обострение термического фронта и увеличение участков с повышенными горизонтальными градиентами температуры создавали благоприятные условия для концентрирования кормовых объектов трески (зоопланктона, креветки, мойвы). На это указывают материалы распределения в рассматриваемом районе трески 0-группы, кормового планктона, мойвы (съемка пелагических рыб). Результаты российских съемок по оценке запасов донных рыб Баренцева моря свидетельствуют о том, что в 1989-1994 гг. доля трески в южной части анклава по отношению ко всей акватории съемки была в 2 раза выше по сравнению с предшествующими холодными 1986-1988 гг.

Проведенные исследования показали, что потепление вод открытой части Баренцева моря в 90-е годы способствовало повышенному сосредоточению гидробионтов в этом районе.

6. ХАРАКТЕРИСТИКА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОРМОВОГО ПЛАНКТОНА В РАЙОНАХ НАГУЛА МОЙВЫ (СЕВЕРНЕЕ 74°30'С.Ш.)

Интенсификация промысла мойвы в северных районах Баренцева моря в 70-80-е годы требовала разработки прогнозов ее распределения в период нагула и выявления участков наиболее плотных скоплений, что зависит от состояния термики вод и обостренности градиентных зон и определяет расположение участков повышенной продуктивности, являющихся местами откорма рыбы. Возникла необходимость получения океанографической информации и сведений о состоянии кормового планктона в районах нагула мойвы в северных водах Баренцева моря.

Полученные нами с 1982 по 1993 г. многолетние данные показали, что в августе температура поверхностных вод колеблется от 6-7 °С на юго-западе рассматриваемого района до 2-3 °С в его северной части. На всей акватории поверхностные воды распреснены, соленость понижается с юга на север от 34,60-34,80 до 32,60-33,00 (Терещенко и др., 1994).

На западе района воды Зюйдкапского течения с температурой 2-4 °С и соленостью 34,40-34,80 распределяются в глубоководной части Зюйдкапского желоба от поверхности до дна. Район Зюйдкапского желоба и прилегающие к нему мелководные участки Шпицбергенской банки имеют наиболее прогретый по сравнению с другими участками исследуемого района придонный слой. Атлантические воды Северной ветви Нордкапского

течения, следуя вдоль Западного желоба с юга на север, достигают 77° с.ш., а на горизонтах 100-150 м проникают между Центральной возвышенностью и Возвышенностью Персея на восток до 46-48° в.д. Холодное Медвежинское течение распространяется над Медвежинско-Надеждинской возвышенностью с северо-востока на юго-запад. Воды этого течения с температурой 0-минус 1 °С и соленостью 34,20-34,50 занимают наибольшую площадь на горизонтах 50-75 м.

В восточной части полигона воды Новоземельского течения с температурой 0-1 °С и соленостью 34,40-34,60 отмечаются на среднемноголетних картах на глубинах 50-100 м до 75-76° с.ш. Глубинные и придонный слой под этими водами заняты высокосоленой баренцеморской водной массой с температурой ниже 0 °С.

Согласно среднемноголетним данным, сезонный слой скачка на востоке района располагается на глубинах 20-30 м и к западу в водах Северной ветви Нордкапского и Зюйдкапского течений заглабляется до 30-50 м. На мелководных участках Шпицбергенской банки наблюдается гомотермия.

При взаимодействии вод Медвежинского течения, имеющих низкие значения температуры и солености, с теплыми высокосолеными водами Северной ветви Нордкапского и Зюйдкапского течений в районах Западного и Зюйдкапского желобов хорошо прослеживаются термический и халинный фронты. Полярный фронт также четко выражен при соприкосновении атлантических вод Зюйдкапского и распресненных холодных вод Восточно-Шпицбергенского течений. Наиболее ярко градиентные зоны здесь выражены в промежуточных слоях от 50 до 100 м. В центральной части съемки на участках взаимодействия теплых вод Северной ветви Нордкапского течения и холодных вод Центральной возвышенности фронт отмечается в поле температуры воды от 50 м до дна. На востоке моря повышенные горизонтальные градиенты температуры и солености проявляются лишь в верхнем 20-30-метровом слое при взаимодействии вод Новоземельского течения с холодной распресненной арктической водной массой.

Таким образом, многолетние материалы показали, что в северной части Баренцева моря гидрологический режим западных районов существенно отличается от такового в восточных. Наиболее отеплены западные участки полигона, океанографические условия здесь определяются интенсивностью теплых атлантических вод Северной ветви Нордкапского и Зюйдкапского течений и холодных вод Медвежинского и Восточно-Шпицбергенского течений, при взаимодействии которых образуются ярко выраженные по горизонтальным градиентам термические и халинные фронты, имеющие значительную пространственную протяженность. В восточных районах съемки воды ветвей Новоземельского течения оказывают отепляющее влияние лишь на поверхностные и промежуточные слои (до 50-75 м), и только в очень теплые годы это влияние

распространяется на глубинные горизонты. В основном же здесь господствуют холодные воды арктического и баренцевоморского происхождения, образующие однородную охлажденную область арктического типа.

Особенности гидрологии севера моря более ярко проявляются в каждом конкретном году, демонстрируя значительные межгодовые изменения. Проведенная классификация температуры воды по 5 градациям позволила оценить уровень теплового состояния вод с 1982 по 1993 г. для отдельных горизонтов в различных районах полигона. Полученные результаты свидетельствуют о различиях в оценках уровня термики вод от года к году для всего района, а также для отдельных его участков и горизонтов в каждом конкретном году. Так, температурные условия северной части Баренцева моря, сложившиеся в августе 1986-1988 гг., характерны для холодных лет, в 1983 и 1990-1992 гг. – для теплых. В годы перед мощными потеплениями на всей акватории Баренцева моря (1982, 1989 гг.) на западе и в центральной части полигона температура воды соответствовала среднемноголетней, однако значительный дефицит тепла отмечался в восточном секторе съемки. Иная картина складывалась, например, в 1984 г., когда на востоке моря еще сохранялось влияние предшествующего потепления 1983 г. и температура воды здесь была выше нормы от поверхности до дна. В то же время на западе полигона тепловое состояние вод Северной ветви Нордкапского и Зюйдкапского течений соответствовало среднемноголетнему.

Комплексный анализ океанографических и планктонных характеристик северных вод Баренцева моря в районе полигона показал, что выявленные значительные различия в гидрологическом режиме западных и восточных районов северной части Баренцева моря обусловили особенности пространственного распределения планктонного сообщества. "Западное" сообщество распределяется в теплых атлантических водах и приурочено к зонам высокоградиентных температурных фронтов. Здесь планктон, представленный тепловодным *Calanus finmarchicus* (до 80 %), имеет высокие значения летней биомассы – в отдельных случаях до 500-800 мг/м³. Приток атлантических вод служит источником дополнительного обогащения местных группировок за счет приноса планктона с юга. "Восточное" сообщество приурочено к обширной акватории с низкой температурой и более однородными условиями обитания. В восточных районах полигона кормовой планктон представлен в основном холодноводными видами копепоид (*Calanus hyperboreus* и *C. glacialis*). Лишь в теплые годы при усилении Новоземельского течения северо-восточные районы моря пополняются тепловодными формами, и тогда максимальная величина летней биомассы достигает здесь 200-500 мг/м³ (Дробышева и др., 1998).

Прослеживается четкая зависимость пространственного распределения скоплений планктона в верхнем 50-метровом слое от уровня

теплосодержания вод северной части Баренцева моря. Так, для распределения планктона в холодном 1987 г. на фоне пониженной биомассы копепоид по всему району было характерно относительно равномерное для всей акватории съёмки широтное повышение биомассы (за счет молоди), определявшееся различием в сроках развития местных популяций.

В теплые годы (1983, 1989, 1992 гг.) отмечалось широтное повышение биомассы к северу с богатыми планктоном "пятнами" на самых северных участках полигона и повышенной продуктивностью в его западной части, где интенсивная адвекция атлантических вод Северной ветви Нордкапского и Зюйдкапского течений обеспечивала повышенный занос планктона с юга.

В отдельные годы наблюдался различный уровень биомассы планктона в западной и восточной частях полигона. Такая структура планктонного сообщества отмечалась в годы, когда океанографические условия являлись благоприятными для жизнедеятельности планктона или способствовали его интенсивному приносу на локальные участки полигона. Так, в теплом 1984 г. зона наибольших значений биомассы находилась в водах Новоземельского течения, тогда как вся западная часть акватории съёмки была обеднена планктоном. В 1985 и 1986 гг. продуктивная зона смещалась к западу и располагалась в водах относительно теплых течений на участках повышенных горизонтальных градиентов температуры воды. В то же время пониженная термика вод и малоградиентное поле температуры способствовали чрезвычайной бедности планктоном восточного района съёмки.

В августе планктон обследованной акватории находится в состоянии интенсивного летнего развития, сроки которого определяются не только уровнем теплового состояния водных масс, но и темпами сезонных изменений их температуры. Отмечено, что иногда в теплые годы (1983, 1990 гг.) созревание и опускание планктона в нижние слои проходили в более ранние сроки, чем в нормальные (1982, 1984, 1985 гг.) и холодные (1986, 1987 гг.) годы. В связи с этим отмечалось значительное уменьшение биомассы планктона в верхнем 50-метровом слое и увеличение ее в глубинных слоях (Нестерова, Терещенко, 1988; Терещенко и др., 1994).

Выявленные особенности океанографических условий и закономерности пространственного распределения скоплений планктона разной плотности свидетельствуют о различных условиях осеннего откорма мойвы и других пелагических рыб в северных районах Баренцева моря.

7. СВЯЗЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПЛОТНОСТИ СКОПЛЕНИЙ ЧЕРНОГО ПАЛТУСА С ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ

Одной из важных характеристик распределения гидробионтов является плотность их скоплений в том или ином районе. Нами решался вопрос о влиянии абиотических факторов на плотность концентраций черного палтуса в районе его нерестилищ в осенне-зимний период.

Черный палтус относится к важнейшим промысловым рыбам Баренцева и Норвежского морей. Традиционно его специализированный промысел на преднерестовых и нерестовых скоплениях велся в осенне-зимний период на Западном склоне Медвежинской банки, а также на континентальном склоне района Копытова с 1964 г., однако из-за развития специализированного и весьма интенсивного промысла численность и запас палтуса стали быстро сокращаться. В результате имеющиеся методы прогнозирования производительности промысла этой рыбы (Низовцев, 1979, 1984), разработанные для лет с высокой и средней численностью промысловой части стада (1965-1976 гг.), при низком уровне запаса перестали действовать, в связи с чем появилась необходимость совершенствования существующих методик и разработки новых.

Исследования показали, что межгодовые различия в сроках подхода половозрелого палтуса на нерестилища сказываются на плотности его скоплений. Вследствие этого в одни годы концентрация палтуса выше в октябре, в другие – в ноябре или декабре, т.е. плотность скоплений зависит от сроков массового подхода рыбы в район нерестилищ. Для выявления закономерностей и особенностей образования промысловых скоплений черного палтуса в осенне-зимний период 1975-1988 гг. были рассмотрены многочисленные биотические и абиотические факторы, которые могли повлиять на формирование концентраций рыбы (Ковцова, Низовцев, Терещенко, 1987).

В результате исследований было установлено, что одним из ведущих факторов, определяющих поведение, распределение и миграции черного палтуса, является термика вод. Так, повышенное теплосодержание водных масс и благоприятные условия откорма в районах нагула способствуют ускоренному развитию половых продуктов, что в свою очередь стимулирует более раннее начало нерестовых миграций, и, следовательно, более ранние сроки формирования плотных преднерестовых концентраций (октябрь). Об этом свидетельствует тесная связь ($r=0,77-0,88$) между температурой воды ветвей Норвежского и Нордкапского течений в период нагула и относительным количеством (%) регистрировавшихся в районе нерестилищ в октябре самцов и самок черного палтуса с гонадами в IV стадии зрелости. Последующий анализ показал, что чем больше особей с гонадами в IV стадии зрелости находится одновременно на нерестилищах, тем выше плотность скоплений в октябре и ноябре ($r=0,78-0,80$). Таким образом, прогностической предпосылкой плотности скоплений и, соответственно, производительности промысла палтуса в районах нерестилищ в октябре и ноябре может служить температура воды Средней ветви Норвежского, Основной и Северной ветвей Нордкапского течений, характеризующая условия в районах нагула. Кроме того, было установлено, что прохождение над районом промысла частых и глубоких циклонов (области пониженного атмосферного давления), активизирующих ветровую деятельность, несколько снижает производительность промысла палтуса. Показателем

развития циклонической деятельности над северо-восточной частью Норвежского моря (районы промысла палтуса) в октябре может быть географическое положение Исландского центра действия атмосферы в январе. В результате для прогнозирования производительности промысла черного палтуса в октябре для судов типа РТ и СРТМ-1000 л.с. уравнение регрессии имеет вид:

$$y_1=0,070x_1+0,046x_2-0,030x_3+0,005,$$

- где y_1 - производительность промысла черного палтуса в октябре, т/ч траления;
- x_1 - температура воды Средней ветви Норвежского течения на разрезе по $74^{\circ}30'$ с.ш. в июне в слое 200-500 м, $^{\circ}\text{C}$;
- x_2 - средняя температура воды ветвей Нордкапского течения на разрезах № 3 и 29 в январе-июне в слое 50-200 м, $^{\circ}\text{C}$;
- x_3 - расстояние между о-вом Медвежий и Исландским центром действия атмосферы в январе, морская миля $\cdot 10^3$.

Коэффициент множественной корреляции составляет $R=0,93\pm 0,03$ (при $n=10$). Обеспеченность метода составила 100 %, а эффективность – 30 %.

Производительность промысла палтуса в ноябре можно прогнозировать по температуре воды Средней ветви Норвежского течения в слое 200-500 м на разрезе по $74^{\circ}30'$ с.ш. в июне ($r=0,70\pm 0,11$, надежный при $r=0,05$), а также по производительности промысла в октябре ($r=0,87\pm 0,05$ при $r=0,01$).

Тесная линейная связь отмечена между производительностью промысла черного палтуса в октябре и в целом за путину (сентябрь-февраль последующего года). Заблаговременность прогноза этого показателя составит 2-6 мес, если использовать данные о прогнозируемой производительности промысла в октябре.

Результаты проверки прогностических уравнений на зависимом (1975-1984 гг.) и независимом (1985-1989 гг.) материале показали их надежность и возможность применения в прогностической практике (Методические рекомендации..., 1989).

Кроме того, анализ данных показал, что в 1979-1984 гг. придонные скопления черного палтуса в период пика нереста распределялись на меньших глубинах (400-500 м) континентального склона, чем в предыдущие годы (в 1965-1977 гг. они отмечались на глубинах 700-800 м). Причем перераспределение преднерестовых скоплений не было связано с омоложением нерестовой части популяции (Ковцова, Низовцев, Терещенко, 1987). Анализ распределения температуры воды над континентальным склоном в районе нерестилищ показал, что в 1979-1984 гг. верхняя граница холодных глубинных вод Норвежского моря, за которую принята глубина залегания нулевой изотермы, располагалась на глубинах 700-800 м, что на 100-200 м выше, чем в 1965-1978 гг. Подъем холодных глубинных

вод по континентальному склону явился причиной перемещения нерестовых скоплений палтуса на меньшие глубины с оптимальной для нереста температурой.

8. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕВЕРНОЙ КРЕВЕТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В Баренцевом море и сопредельных водах почти круглодично ведется траловый промысел северной креветки. В целях обеспечения промыслового прогнозирования и для совершенствования методов рационального рыболовства начиная с 1984 г. ПИНРО проводит ежегодную стратифицированную съемку по оценке запаса этого объекта. Наиболее полно биологический и океанографический материал собирался в центральной части Баренцева моря (Демидовская банка, Центральное плато, Мурманский язык, Финмаркенская банка и Северо-Западный склон Мурманской банки).

На основе материалов съемок, проводившихся в центральной части моря в апреле-мае 1985-1994 гг., рассматривались изменения величины запаса креветки и особенности ее распределения в зависимости от океанографических условий.

С помощью действующей в ПИНРО автоматизированной системы сбора, контроля и анализа океанографической информации строились карты распределения температуры и солености, рассчитывались модули горизонтальных градиентов океанографических характеристик. При анализе также использовались средневзвешенные значения температуры воды ветвей Нордкапского и Мурманского течений в различных слоях.

По уровню теплового состояния вод 1986 и 1987 гг. отнесены к холодным, 1985, 1988, 1994 гг. – к нормальным, 1989-1993 гг. – к теплым годам (см.табл.3, 4).

Отмечены значительные межгодовые колебания величины общего запаса креветки на акватории Баренцева моря и, соответственно, в его центральной части. Так, наименьшая величина запаса креветки наблюдалась в рассматриваемом районе в холодном 1986 г. (71,5 тыс.т), а наибольшая – в теплом 1991 г. (346,8 тыс.т). Анализ данных свидетельствует о тесной положительной связи ($r=0,7-0,9$ при $n=10$) между колебаниями биомассы данного вида и изменениями температуры воды Нордкапского и Мурманского течений в предшествующем съемке году (Шевелева, Терещенко, 1993).

Дальнейший анализ материалов показал, что в теплые годы при большей величине запаса креветка широко распространяется в центральной части моря и придерживается участков с придонной температурой воды в пределах 1,8-2,5 °С. Плотные скопления отмечаются как на обостренных участках термического фронта, так и в малоградиентном поле температуры. В холодные и нормальные годы ареал сужается, а наиболее плотные

скопления наблюдаются на незначительной площади вблизи термического фронта при температуре воды у дна минус 0,8-0,7 °С и 1,2-1,7 °С соответственно. При пониженной термике вод северная креветка придерживается больших глубин и при сравнительно низком уровне запаса создает не менее плотные, а на отдельных участках даже значительные концентрации, чем в годы с высоким теплосодержанием водных масс (Шевелева, Терещенко, 1995).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что гидрологические условия в значительной степени влияют на распределение и величину запаса северной креветки. Это влияние наиболее отчетливо прослеживается в рассматриваемые годы, когда численность хищников, в частности трески, невелика.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

После систематизации и контроля впервые были рассчитаны средневзвешенные значения термохалинных показателей вод Прибрежной ветви Мурманского, Центральной и Северной ветвей Нордкапского, Западно-Шпицбергенского и Зюйдкапского течений в различных слоях с 1951 по 1998 г., а также продолжены (с 1982 г.) расчеты температуры воды Основной ветви Нордкапского, Мурманского и Новоземельского течений на основных стандартных разрезах Баренцева моря. На основе сформированных непрерывных массивов месячных и годовых значений температуры и солености воды ветвей Нордкапского, Мурманского и Новоземельского течений создана электронная база расчетных океанографических характеристик с 1951 по 1998 г.

По многолетним данным, сезонный минимум температуры в водах основных течений во всех слоях наступает в апреле. Максимальный прогрев верхнего 50-метрового слоя отмечается обычно в августе, а в глубинных слоях – на 3-4 мес позже, в ноябре-декабре. Наибольшие сезонные колебания температуры наблюдаются в водах Прибрежной ветви Мурманского течения. В основных течениях их размах уменьшается с юга на север, а также с глубиной. В отдельные годы наступление экстремумов сдвигается относительно среднемноголетних сроков, и весенне-летний сезон (период повышения температуры воды) в слое 0-200 м длится 6-9 мес при норме 5 мес. Этот фактор благоприятно сказывается на жизнедеятельности биоты, особенно в годы с повышенной термикой вод.

Отмечены значительные межгодовые колебания температуры воды, что подтверждается ее экстремальными величинами в различных слоях за годы исследований. Показано существенное влияние (особенно в глубинных слоях) межгодовых изменений температуры на особенности термики вод Мурманского и Центральной ветви Нордкапского течений. Однако вклад межгодовых колебаний в формирование температурного режима вод

Прибрежной ветви Мурманского течения значительно меньше и составляет 24-38 % от сезонных.

Предложена классификация гидрометеорологических показателей, где в качестве критерия оценки уровня состояния принята величина их изменчивости (среднеквадратическое отклонение). Термика вод, температура воздуха и общая ледовитость оценивались по 5 градациям. В результате составлены календари-характеристики уровня теплового состояния вод ветвей Нордкапского и Мурманского течений, температуры воздуха и ледовитости с 1951 по 1998 г. Выявлены периоды похолодания и потепления вод основных течений в южной части моря и районе архипелага Шпицберген. Они хорошо согласуются между собой, о чем свидетельствует тесная связь ($r=0,83-0,94$ при $n=40$) среднегодовых значений температуры воды рассматриваемых течений. Однако существуют и некоторые различия в оценках уровня теплового состояния вод основных течений на разрезах для тех или иных лет (например, для 1982, 1984, 1987, 1998 гг.). Рассмотрены особенности гидрометеорологического режима в каждом конкретном году с 1982 по 1998 г. и показаны их биолого-промысловые последствия.

Выявлены годы, когда темпы выхолаживания и прогрева вод оценивались как интенсивные, средние и слабые. Отмечено, что уровень теплового состояния вод текущего года в большей степени определяется процессами теплоотдачи в предшествующий осенне-зимний период ($r=-0,59$, $n=45$, надежный при $p=0,001$), нежели показателями прогрева ($r=-0,15$ при $n=45$).

Показано, что колебания общей ледовитости Баренцева моря находятся в тесной обратной зависимости от изменений термики вод Основной ветви Мурманского течения ($r=-0,64$ при $n=45$).

По многолетним данным, сезонные изменения солёности наиболее отчетливо прослеживаются лишь в слое 0-50 м с максимумом солёности в феврале-апреле и минимумом в сентябре. Межгодовые колебания этой характеристики во много раз превышают сезонные. Солёность вод Мурманского течения в 1951-1975 гг. была близка к норме или превышала ее, а в 1976-1996 гг. соответствовала среднемноголетней или была ниже. Значительное уменьшение солёности в 1979-1980 гг. совпало с аномальным понижением термики вод, вызванным ослаблением адвекции. В 1982-1984, 1989, 1995 гг. наблюдалось аномальное понижение солёности и повышение теплосодержания вод Мурманского течения. Предполагается, что в эти годы в Баренцево море поступало больше, чем обычно, теплых и менее солёных прибрежных вод Норвежского течения. Отмечены низкие коэффициенты корреляции между температурой и солёностью вод ветвей Мурманского течения, а также достаточная согласованность между изменениями температуры и солёности вод Центральной ветви Нордкапского течения.

Систематизированы и обобщены данные о температуре и солёности на основных разрезах и галсах в районе архипелага Шпицберген. Установлены

многолетние пространственно-временные изменения термохалинных показателей. Выявлены особенности гидрологического режима вод в районе Северного Шпицбергена в теплые годы.

Установлены тесные синхронные и асинхронные связи изменений температуры на разрезах, пересекающих воды Норвежского, Западно-Шпицбергенского и Зюйдкапского течений. Эти зависимости использовались для восстановления отсутствующих наблюдений, а также в прогностических целях.

Выявлены закономерности сезонных и межгодовых изменений температуры и солёности вод Норвежского, Западно-Шпицбергенского, Зюйдкапского течений. Наблюдается согласованность долговременных климатических изменений термики вод в районе архипелага Шпицберген и южной части Баренцева моря, однако в отдельные годы имеются значительные отличия, вызванные разной степенью воздействия факторов адвективного, барико-синоптического и криосферного характера.

Анализ интенсивности Норвежского и Зюйдкапского течений указывает на их значительную межгодовую изменчивость. Геострофические скорости и расход воды свидетельствуют об увеличении мощности течений к осени. Между расходом воды и тепла существует тесная корреляционная связь ($r=0,89$), т.е. перенос тепла определяется главным образом колебаниями скоростей течения. С помощью динамического метода рассчитаны скорости течений и оценены объемы переноса вод Зюйдкапского, Восточно-Шпицбергенского и Медвежинского течений на разрезе о-в Медвежий-м.Зюйдкап на основе данных 1949-1981 гг. Результаты свидетельствуют, что среднемноголетний результирующий поток вод за май-декабрь составил 1245,8 км³ и был направлен в Баренцево море.

Определено многолетнее сезонное положение Полярного фронта к западу от о-ва Медвежий, согласно которому наиболее восточное его положение отмечено в мае (17°22' в.д.), а самое западное – в октябре (16°42' в.д.). Горизонтальные градиенты океанографических характеристик здесь значительны, особенно в осенне-зимний период. В октябре-январе они составляют 0,2-0,3 °C/км по температуре и 0,02-0,03 1/км по солёности. Впервые выделен термический фронт вдоль материкового склона от о-ва Медвежий и далее на север до 80° с.ш. на глубинах 600-900 м, образующийся при взаимодействии холодных глубинных вод Норвежского и Гренландского морей и относительно теплых вод Норвежского и Западно-Шпицбергенского течений.

Установлено, что заносу икры и личинок трески от лопотенских нерестилищ в Медвежинско-Шпицбергенский район способствуют уменьшение интенсивности Нордкапского течения, особенно его прибрежной ветви, преобладание над акваторией ветров южных направлений, а также наиболее близкое к нерестилищам расположение атлантической водной массы. Связь показателя численности донных

сеголеток трески (0+) в районе архипелага Шпицберген с этими показателями характеризуется коэффициентом множественной корреляции $R=0,80\pm 0,06$ (при $n=17$).

Выявлено, что температурные условия, положение термических фронтов и их обостренность оказывают существенное влияние на распределение и плотность скоплений трески в период ее нагульной миграции. Показано, что в 90-е годы потепление вод открытой части Баренцева моря (анклава) способствовало повышенному концентрированию в этом районе гидробионтов.

Разработан инерционно-климатический подход прогноза пространственного распределения температуры воды и ее горизонтальных градиентов в придонном слое. Начиная с 1989 г. прогностические карты распределения температуры воды и положения термического фронта используются в качестве дополнительного материала при промышленном прогнозировании.

Обобщены материалы комплексных океанологических съемок северной части Баренцева моря в период нагула мойвы. Рассчитаны среднесезонные значения температуры и солености воды и их среднеквадратические отклонения, проведена оценка уровня теплового состояния вод по 5 градациям. Отмечена четкая зависимость пространственного распределения кормового планктона в верхнем 50-метровом слое от уровня термики вод. Анализ данных ежегодных съемок позволил оценить уровень термохалинного состояния вод, определить положение слоя скачка основных океанографических показателей, охарактеризовать структуру водных масс и положение фронтальных зон, а также выявить особенности распределения кормового зоопланктона. В результате анализа собранных данных выявлялись участки с наиболее благоприятными для нагула мойвы условиями. В практике краткосрочного прогнозирования они рекомендованы как перспективные для промысла этого объекта.

Разработана методика, позволяющая на основе данных о температуре воды Средней ветви Норвежского течения на разрезе по $74^{\circ}30'$ с.ш. в июне, Основной и Северной ветвей Нордкапского течения в январе-июне и по показателю, характеризующему метеорологические условия промысла, прогнозировать производительность промысла черного палтуса в октябре, ноябре, декабре и на путину, а также рекомендовать глубины, наиболее благоприятные для лова.

На основе материалов, собранных в период съемки по оценке запасов северной креветки в центральной части Баренцева моря, выявлены особенности ее распределения в зависимости от океанографических условий.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Димитрова В. В., Терещенко В. В. О связи температуры воды и уловов камбалы-ерша в районе острова Медвежьего//Вопросы промышленной океанологии Мирового океана: Тез.докл. 4-й Всесоюз. конф. по промышленной океанологии – Мурманск, 1977. – С.51.

Терещенко В. В. Динамика вод и распределение ихтиопланктона лофотенской трески//Вопросы промышленной океанологии Мирового океана: Тез.докл. 4-й Всесоюз. конф. по промышленной океанологии. – Мурманск, 1977. – С.85.

Терещенко В.В. Динамика вод Шпицбергенского течения к западу от острова Медвежий//Тр./ПИНРО. – 1978. – Вып.40. – С.64-68.

Терещенко В.В. Геострофическая циркуляция вод и интенсивность течений в Медвежинско-Шпицбергенском промышленном районе Баренцева моря//Биологическая продуктивность, сырьевые ресурсы Балтийского моря и их рациональное использование: Тез.докл.конф. молодых ученых. – Рига, 1979. – С.11-12.

Терещенко В.В., Бочков Ю.А., Бойцов В.Д. Некоторые аспекты влияния гидрометеорологических условий на динамику урожайности поколений аркто-норвежского стада трески//Тез.докл. 5-й Всесоюз. конф. по промышленной океанологии. – Калининград, 1979. – С.44-46.

Терещенко В.В. Особенности гидрометеорологических условий дрейфа икры и личинок лофотенской трески//Физико-химические условия формирования биологической продуктивности Баренцева моря. – Апатиты, 1980. – С.34-40.

Терещенко В.В. Влияние абиотических факторов на формирование поколений северо-восточной арктической трески в Медвежинско-Шпицбергенском промышленном районе Баренцева моря//Тез.докл. 2-го Всесоюз. съезда океанологов. – Ч.2, вып.5. – Севастополь, 1982. – С.56-67.

Терещенко В.В. Таблицы средних значений температуры и солености вод на стандартных разрезах и галсах в Медвежинско-Шпицбергенском промышленном районе Баренцева моря. – Мурманск, 1982. – 94 с.

Водообмен Баренцева моря с сопредельными районами/Потанин В.А., Турчанинов В.И., Эрштадт Т.А., Терещенко В.В.//Тез.докл. науч.-практ. конф. по методам промышленного прогнозирования. – Мурманск, 1983. – С.84-85.

В.В.Терещенко. Ледовые условия//Наставление по поиску и промыслу креветки в районе острова Западный Шпицберген. – Мурманск, 1984. – С.67.

Терещенко В.В. Сопряженность океанологических характеристик вод Норвежского и Шпицбергенского течений//Вопросы промышленной океанологии Северного бассейна: Сб.науч.тр./ПИНРО. – Мурманск, 1984. – С.43-47.

Сарынина Р.Н., Терещенко В.В. Температурные условия в Баренцевом море в 1981-1983 гг.//Вопросы промысловой океанографии Северного бассейна: Сб.науч.тр./ПИНРО. – Мурманск, 1984. – С.3-10.

Терещенко В.В., Двинина Е.А., Боровая Л.И. Справочный материал по температуре воды в Баренцевом море. – Мурманск, 1985. – 72 с.

Терещенко В.В., Никифорова Т.Б. Особенности гидрологического режима и распределение донной молоди трески в Медвежинско-Шпицбергенском районе Баренцева моря//Географические проблемы изучения и освоения Арктических морей: Тез.докл. 2-й Всесоюз. конф. по географии и картографии океана. – Ленинград, 1985. – С.151-152.

Ожигин В.К., Терещенко В.В. Связь распределения скоплений промысловых рыб с термическими особенностями Баренцева моря//Тез.докл. 3-й Всесоюз. науч. конф. по проблемам промыслового прогнозирования (долгосрочные аспекты). – Мурманск, 1986. – С.170.

Ожигин В.К., Терещенко В.В., Пашкова Т.Е. Вертикальная структура вод Баренцева моря и распределение мойвы в период нагула//Ломоносов М.В. и Север: Тез. докл. Всесоюз. конф. – Архангельск, 1986. – С. 329-330.

Ковцова М.В., Низовцев Г.П., Терещенко В.В. Влияние температурных условий на распределение и плотность скоплений черного палтуса норвежско-баренцеморского стада в период нереста//Тез.докл. 7-й Всесоюз. конф. по промысловой океанологии. – М., 1987. – С.141.

Ковцова М.В., Низовцев Г.П., Терещенко В.В. Условия формирования преднерестовых и нерестовых скоплений черного палтуса норвежско-баренцеморского стада//Влияние океанологических условий на распределение и динамику популяций промысловых рыб Баренцева моря: Сб. докл. 3-го сов.-норв. симп./ПИНРО. – Мурманск, 1987. – С.269-283.

Шевелев М.С., Терещенко В.В., Ярагина Н.А. Распределение и поведение донных рыб в Баренцевом и Норвежском морях и факторы, их определяющие//Влияние океанологических условий на распределение и динамику популяций промысловых рыб Баренцева моря: Сб. докл. 3-го сов.-норв. симп./ПИНРО. – Мурманск, 1987. – С.244-259.

Бочков Ю.А., Двинина Е.А., Терещенко В.В. Особенности современных многолетних изменений температурного режима Баренцева моря// Гидрометеорологические процессы в промысловых районах Северной и Южной Атлантики: Сб.науч.тр./ЛГМИ. – Ленинград, 1987. – С.91-106.

Бочков Ю.А., Двинина Е.А., Терещенко В.В. Особенности изменений температуры воды Баренцева моря в 1951-1986 гг. и их влияние на численность и распределение промысловых рыб//Тез.докл. 3-го съезда сов. океанологов. – Ч.1. – Л., 1987. – С.65-66.

Нестерова В.Н., Терещенко В.В. Особенности температурных условий вод и распределение кормового планктона в северной части Баренцева моря летом 1982-1987 гг.//Экология, биологическая продуктивность и

проблемы марикультуры Баренцева моря: Тез. докл. 2-й Всесоюз.конф. – Мурманск, 1988. – С.74-76.

Комплексная оперативная система мониторинга океанологической среды в Северном рыбопромысловом бассейне/Бочков Ю.А., Боровков В.А., Терещенко В.В., Ергакова Л.Р., Носова Т.И., Шалфеев А.Н.//Тез.докл. Всесоюз. семинара по проблемам разработки, внедрения и функционирования системы краткосрочного промыслового прогнозирования. – Мурманск, 1988. – С.27-29.

Методические рекомендации по прогнозированию производительности специализированного промысла черного палтуса норвежско-баренцеморского стада/Сост. Ковцова М.В., Низовцев Г.П., Терещенко В.В. – Мурманск, 1989. – 23 с.

Современные многолетние изменения океанических процессов в Северном бассейне и их биолого-промысловые последствия/Бочков Ю.А., Боровков В.А., Тевс И.И., Балабанова Л.Г., Терещенко В.В. Ергакова Л.Р.// Тез.докл. 4-й Всесоюз. науч. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. – Мурманск, 1989. – С.36-37.

Особенности гидрологических и ледовых условий в промысловых районах Шпицбергена/Терещенко В.В., Антропова Л.В., Зубакин Г.К., Яковлев Л.Ф.//География Мирового океана на службе рационального использования морских ресурсов: Тез. докл. 4-й Всесоюз. конф. – Л., 1989. – С.96.

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

Терещенко В.В. К вопросу о прогнозировании температуры воды и положения термического фронта в придонном слое Баренцева моря//Современные проблемы промысловой океанологии: Тез.докл. 8-й Всесоюз. конф. – Л., 1990. – С.240-241.

Климатическая характеристика состояния вод района Шпицбергена (справочный материал)/Сост. Терещенко В.В. – Мурманск, 1990. – 82 с.

О возможностях использования автоматизированной системы промыслово-экологического мониторинга (АИСПЭМ) в исследовательской и прогностической работе/ Безденежных А.В., Сидоров С.В., Руденко А.Г., Боровков В.А., Терещенко В.В.// Современные проблемы промысловой океанологии: Тез.докл. 8-й Всесоюз.конф. – Л., 1990. – С.279.

Тенденции развития гидрометеорологических условий в основных рыбопромысловых районах Северного бассейна в 1989 г./Бочков Ю.А., Боровков В.А., Балабанова Л.Г., Ергакова Л.Р., Терещенко В.В., Тевс И.И., Несветова Г.И.//Мониторинг условий среды в районах морского рыбного промысла в 1989-1990 гг. – М., 1991. – С.12-20.

Бочков Ю.А., Терещенко В.В. Современные многолетние изменения гидрометеорологических условий в Баренцевом море и их биологические

последствия//Экологические проблемы Баренцева моря: Сб.науч.тр./ ПИНРО. – Мурманск, 1992. – С.225- 243.

Бочков Ю.А., Терещенко В.В. Долговременные изменения гидрометеорологических условий в Баренцевом море и их биологические последствия//Проблемы изучения и рационального использования биологических ресурсов окраинных и внутренних морей СНГ: Материалы 2-й Межгос. конф. – Ростов-на-Дону, 1992. – С.16-17.

Океанологические условия воспроизводства, распределения и поведения донных рыб/Ковцова М.В., Низовцев Г.П., Пономаренко И.Я., Терещенко В.В., Ярагина Н.А.// Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. – Т.1, вып.2. – СПб., 1992. – С.145-161.

Эколого-статистическая модель прогноза подходов мойвы к берегам Мурманска/ Бочков Ю.А., Лободенко С.Е., Терещенко В.В., Ушаков Н.Г., Якушева Е.А.//Тез.докл. 5-й науч. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. – Мурманск, 1992. – С.22-24.

Терещенко В.В., Несветова Г.И. Некоторые результаты океанографических исследований севернее острова Западный Шпицберген//Региональные организация и управление море хозяйственными комплексами страны: Тез.докл.5-й конф. по географии. – СПб., 1992. – С.170-171.

Бочков Ю.А., Терещенко В.В. Потепление 1989-1992 гг. и его влияние на экосистему Баренцева моря//Тез. докл. 9-й конф. по промысловой океанологии. – М., 1993. – С.111-112.

Терещенко В.В. Результаты многолетних океанографических исследований в период проведения съемки 0-группы рыб Баренцева моря// Тез.докл. 9-й конф. по промысловой океанологии. – М., 1993. – С.166-168.

Шевелева Г.К., Терещенко В.В. Распределение северной креветки в центральной части Баренцева моря в зависимости от условий среды//Комплексное изучение бассейна Атлантического океана: Тез. докл. 7-й регион. конф. – Калининград, 1993. – С.59.

Характеристика океанографических условий и планктона в центральной широтной зоне Баренцева моря (справочный материал)/Терещенко В.В., Несветова Г.И., Нестерова В.И., Титов О.В. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1994. – 74 с.

Бочков Ю.А., Терещенко В.В. Межгодовые колебания температуры воды//Закономерности формирования сырьевых ресурсов побережья Баренцева моря и рекомендации по их промысловому использованию. – Апатиты, 1994. – С.16-22.

Терещенко В.В., Бочков Ю.А. Влияние факторов среды на миграционное поведение и распределение гидробионтов//Закономерности формирования сырьевых ресурсов побережья Баренцева моря и рекомендации по их промысловому использованию. – Апатиты, 1994. – С.22-29.

Шевелева Г.К., Терещенко В.В. Динамика запаса северной креветки (*Pandalus borealis* Kr.) в центральной части Баренцева моря в зависимости от гидрологических условий//Тез.докл. 6-й Всерос. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. – Мурманск, 1995. – С.168-170.

Терещенко В.В. Некоторые результаты многолетних океанографических исследований на стандартных разрезах Баренцева моря в период проведения съемки 0-группы рыб//Вопросы промысловой океанологии Северного бассейна: Сб.науч.тр./ПИНРО. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1995. – С.29-48.

Бочков Ю.А., Боровков В.А., Терещенко В.В. Современные изменения климата и его влияние на экосистему Баренцева моря//Тез.докл. 6-й Всерос. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. – Мурманск, 1995. – С.24-25.

Терещенко В.В. Физико-географическая характеристика и гидрометеорологический режим вод архипелага Шпицберген// Биоокеанологическая характеристика вод архипелага Шпицберген. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1996. – С.6-25.

Бойцов В.Д., Терещенко В.В. Водные массы на разрезе "Кольский меридиан" в Баренцевом море в летний период 1965-1995 гг.//Тез. докл. 10-й Междунар. конф. по промысловой океанологии. – М., 1997. – С.21.

Терещенко В.В. Многолетние исследования температуры и солености воды на разрезе "Кольский меридиан" в Баренцевом море//Тез.докл. 10-й Междунар. конф. по промысловой океанологии. – М., 1997. – С.123-124.

Терещенко В.В. Сезонные и межгодовые изменения температуры и солености воды основных течений на разрезе "Кольский меридиан" в Баренцевом море. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 71 с.

Пространственная структура и условия формирования планктонного сообщества центральной широтной зоны Баренцева моря/Дробышева С.С., Несветова Г.И., Нестерова В.И., Терещенко В.В.//Современное состояние планктона и бентоса, проблемы сохранения биоразнообразия арктических морей: Тез.докл. междунар. конф. – Мурманск, 1998. – С.49-50.

Терещенко В.В. Гидрометеорологические условия в Баренцевом море в 1985-1998 гг. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1999. – 176 с.

Терещенко В.В. Изменения океанографических условий в Баренцевом море во второй половине XX столетия//Тез.докл. 11-й конф. по промысловой океанологии. – М., 1999. – С.47.

Терещенко В.В., Карсаков А.Л., Лепесевич Ю.М. Потепление вод Баренцева моря 90-х годов и рыбопродуктивность в районе анклава//Тез.докл. 11-й конф. по промысловой океанологии. – М., 1999. – С.48.

Tereshchenko V.V. The effect of hydrometeorological factors on the transfer of eggs and larvae of the North-eastern Arctic cod into the Bear Island-Spitsbergen area//ICES CM 1980/L:12.-10 pp.

Report on joint Soviet-Icelandic investigations on hydrobiological conditions in the Norwegian Sea and Icelandic waters in May-June 1979/Solonitsyna L.R., Tereshchenko V.V., Malmberg S.A., Kristmannsson S.S.// Ann. biol. – 1981(1979). – Vol.36. – P.210-213.

Tereshchenko V.V. Temperature regime of the Barents Sea in 1982//Ann. Biol. – 1985 (1982). -Vol.39. – P.35-38.

Tereshchenko V.V. Thermal regime of the Barents Sea water masses in 1983//Ann. Biol. – 1986 (1983). – Vol.40. – P.35-38.

Tereshchenko V.V. Thermal conditions of the Barents Sea waters in 1984//Annls biol. –1986 (1984). – Vol. 41. – P.30-32.

Tereshchenko V.V. Hydrologic conditions in the Bear Island – Spitsbergen area in September-October 1984//Ann. Biol. – 1986 (1984). – Vol.41. – P.33-35.

Drobysheva S.S., Tereshchenko V.V. The importance of oceanographic observations for evaluation of the productive potential of the Barents Sea//ICES Symp. on hydrograph. variability in the ICES area, 1980-1989. – 1991. – P.46.

Tereshchenko V.V. Climatic characteristics of the Spitsbergen Archipelago waters//ICES CM 1991/C:9. – 25 pp.

Drobysheva S.S., Nesterova V.N., Tereshchenko V.V. Stock's dynamic of Euphausiacea in the Barents Seas in 80's//ICES CM 1992/L:40. – 12 pp.

Tereshchenko V.V. Results from long-period oceanographic observations along the Barents Sea standard sections during 0-group fish survey//ICES CM 1992/C:18. – 25 pp.

Tereshchenko V.V. Seasonal and year-to-year variations of temperature and salinity along the Kola meridian transect//ICES CM – 1996/C:11. – 24 pp.

Терешченко

Формат 60x84/16.

Подписано к печати 13.01.00 г.

Тираж 120 экз.

Уч.-изд. л. 4,9. Усл. печ.л. 2,9.

Заказ 1.

ПИНРО, г.Мурманск, ул.Книповича, 6.