

## **КРУПНОМАСШТАБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ НА РАЗРЕЗЕ «КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН» И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

### **Введение**

В работе представлены результаты исследований Полярного института в области изучения крупномасштабных (многолетних) изменений морского климата и его прогнозирования. Основным гидрологическим индикатором морского климата Баренцева моря в этих исследованиях были и остаются данные температурных измерений на вековом разрезе «Кольский меридиан».

Актуальность этих исследований для Баренцева моря исторически предопределена его географическим положением. Здесь на границе взаимодействия теплых атлантических и холодных полярных вод располагается самая северная граница распространения ряда основных промысловых рыб и беспозвоночных в северном полушарии. Здесь же (Гренландско-Баренцевоморский регион Мирового океана), согласно ряду исследований (Кондратович, 1977, Дмитриев, 1994), обнаруживается и экстремальная межгодовая изменчивость основных показателей климатической системы «атмосфера-криосфера-гидросфера» (АКГ) в Северном полушарии. Масштабы этих многолетних колебаний термики вод основных течений в Баренцевом море часто превосходят масштабы их сезонных вариаций (Бочков, Двинина, Терещенко, 1987).

Столь значительные вариации климатической системы АКГ в свою очередь обуславливают столь же значимые крупномасштабные колебания продуктивности промысловой экосистемы Баренцева моря. Многолетние исследования русских и норвежских ученых, начиная с классических работ Книповича, Йорта, Виборга, Роллефсена, Маслова, убедительно об этом свидетельствуют.

Отсюда и особая актуальность решения задач анализа закономерностей многолетних колебаний термики вод Баренцева моря как научной основы ее долгосрочного и перспективного прогнозирования. Действительно, решение задачи перспективного рыбопромыслового прогноза на несколько лет вообще неосуществимо без соответствующего океанологического прогноза, ибо необходимо оценивать численность и биомассу промысловых рыб и беспозвоночных, поколения которых еще не появились на свет. Разработке таких методов прогнозирования в определенной мере способствовали и

регулярно составляемые перспективные планы развития народного (рыбного) хозяйства СССР на 5-10 лет вперед.

## **Материалы и характеристика многолетних колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан»**

Целеустремленные работы в области изучения закономерностей крупномасштабных изменений термики вод Баренцева моря и разработки методов долгосрочного и перспективного гидрологического прогнозирования начались в Полярном институте в 60-х годах. С тех пор прошло много лет, но, как и тогда, главной информационной основой научных методических исследований в области анализа, диагноза и прогноза морского климата Баренцева моря и его промысловой экосистемы продолжают оставаться данные наиболее длительного ряда океанологических наблюдений на разрезе «Кольский меридиан»

Как известно, современные методы анализа и прогноза многолетних колебаний природных процессов для получения надежных статистических результатов требуют наличия длительных рядов наблюдений, причем исходный временной ряд не должен иметь пропуски в наблюдениях. Ряд наблюдений температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан», объективно отражающий крупномасштабные межгодовые колебания термики атлантических вод основных потоков Нордкапского и Мурманского течений, послужил исходным материалом для целого ряда научных работ в области общей и промысловой океанологии (Зубов, 1938; Дрогайцев, 1959; Ижевский, 1961), Однако на разрезе были отмечены два длительных периода, когда наблюдения температуры воды не проводились: 1906-1920 и 1941-1944 гг., что не позволяло использовать его разрозненные данные в современных количественных методах анализа и прогноза. Пробелы в наблюдениях за 1941-1944 гг. (Бочков, 1964б, 1982а) и 1900-1920 гг. (Бочков, 1982а) были «восстановлены» с использованием физико-статистических методов корреляционной связи между данными температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» и рядом гидрометеорологических показателей, объективно отражающих воздействие радиационных и адвективных факторов формирования температурного режима Баренцева моря. В настоящей работе сочтено целесообразным впервые опубликовать данные среднегодовых значений температуры воды в слое 0-200 м (ст. № 3-7) на разрезе «Кольский меридиан» (Бочков, 1982а; Терещенко, 1999) в виде единого и непрерывного ряда наблюдений с начала столетия (см. таблицу, рис.1).

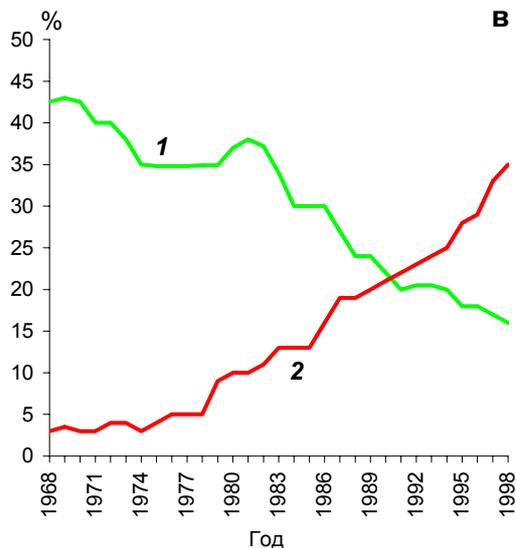
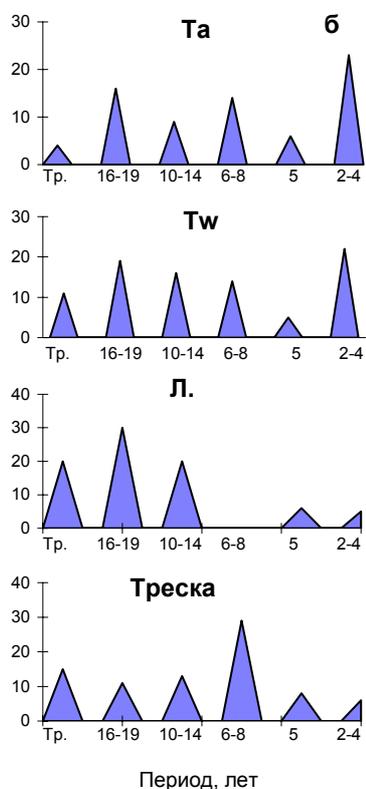
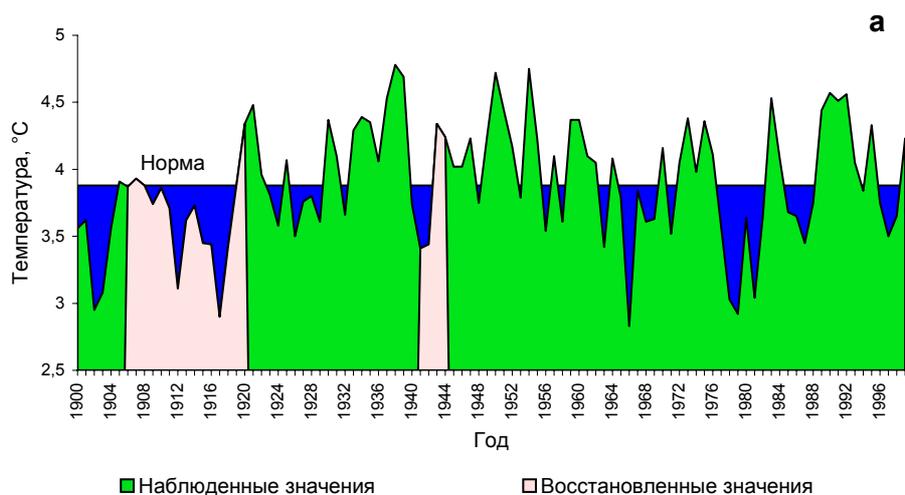


Рис.1. а – многолетние изменения величины среднегодовой температуры воды в слое 0-200 м (ст.№ 3-7) в Основной ветви Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» в 1900-1999 гг. б – спектральная структура многолетних изменений (1951-1999 гг.) среднегодовой температуры воздуха на ст.Кола ( $T_a$ ), воды на разрезе «Кольский меридиан» ( $T_w$ ), общей ледовитости (Л) и численности арктической трески Баренцева моря; в – многолетние изменения величины мощности проявления циклических колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» продолжительностью 2-4 года (1) и 7-8 лет (2) для периода 1951-1998 гг. (в % от суммарной дисперсии многолетней изменчивости температуры воды)  
**Среднегодовые значения температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» за 1900-1999 гг., ст. № 3-7, °C**

Год	Десятилетие									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1900	3,56	3,62	2,95	3,08	3,56	3,91	3,87	3,97	3,88	3,74
1910	3,86	3,71	3,11	3,62	3,73	3,45	3,44	2,90	3,42	3,88
1920	4,34	4,48	3,96	3,81	3,58	4,07	3,50	3,76	3,80	3,61
1930	4,37	4,10	3,66	4,29	4,39	4,35	4,06	4,53	4,78	4,69
1940	3,74	3,41	3,44	4,34	4,24	4,02	4,02	4,23	3,75	4,25
1950	4,72	4,44	4,17	3,79	4,75	4,22	3,54	4,10	3,61	4,37
1960	4,37	4,10	4,05	3,41	4,08	3,79	2,83	3,84	3,61	3,63
1970	4,16	3,52	4,05	4,38	3,98	4,39	4,11	3,58	3,02	2,89
1980	3,63	3,03	3,66	4,54	4,08	3,68	3,65	3,43	3,75	4,44
1990	4,57	4,51	4,56	4,05	3,84	4,33	3,75	3,55	3,64	4,23

Как известно, необходимым начальным этапом исследования закономерностей многолетних колебаний природных процессов является изучение частотной структуры этих колебаний как основы последующего его объективного анализа и прогноза. В 1963 г. с использованием непрерывных данных за 1922-1961 гг. (N=39 лет) в Полярном институте впервые количественно была установлена частотная структура многолетних колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» (Бочков, 1964б). Она характеризовалась доминированием в многолетней изменчивости температуры воды целого ряда долгопериодных вариаций имеющих среднюю продолжительность 4-5, 6-8, 10-15 и 17-20 лет.

Несколько позднее (Бочков, 1964в, Бочков, Кудло, 1972) было установлено, что в многолетней изменчивости температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» наблюдаются и долговременные климатические изменения с предполагаемой продолжительностью 70-90 лет, а также заметные 2-3 летние циклические вариации (Бочков, 1975). Относительная устойчивость частотной структуры многолетних колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» как и других показателей морского климата Баренцева моря (Смирнов, Саруханян, Бочков, 1967; Бочков, Саруханян, Смирнов, 1968) была впоследствии подтверждена и на материалах более длительных рядов наблюдений (Суставов, 1975; Бойцов, 1984; Ottersen, Adlandsvik, Loeng, 1994). Спектр современных (1951-1999 гг.) многолетних колебаний температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» характеризуется доминированием (%) циклических вариаций продолжительностью 60-70 лет (15), 17-19 лет (17), 9-11 лет (20), 6-8 лет (15), 2-3 года (20), которые совместно формируют до 90 % крупномасштабных изменений температуры атлантических вод Основной ветви Мурманского течения на этом разрезе. Аналогичное единство присуще и в целом частотной структуре современных (1951-1999 гг.) многолетних

колебаний климатической системы «атмосфера-криосфера-гидросфера-биосфера» Баренцева моря (рис.1б), а также и основных показателей морского климата Северной Атлантики и морей Европейского Севера (Bochkov, 1998).

### **Долгосрочное прогнозирование температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» – методы и результаты**

Как известно, разработка сверхдолгосрочных (заблаговременностью несколько лет) методов прогнозирования природных процессов проводится в двух направлениях. Ряд методов основывается на изучении внутренних закономерностей частотной структуры многолетних изменений прогнозируемого процесса. На основе ряда математических методов (периодограммный анализ, спектральный анализ) определяются доминантные циклические вариации, которые в совокупности и должны определять особенности последующего временного фона прогнозируемого процесса. Большая роль (80 %) выявленных циклических колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» в формировании его многолетней изменчивости в 1922-1961 гг. (Бочков, 1964б) предопределила объективную необходимость учета этих вариаций в долгосрочном прогнозировании температуры воды на разрезе. На основе синтеза выделенных доминантных вариаций и был впервые составлен сверхдолгосрочный прогноз температуры воды на разрезе на период 1964-1985 гг., который, как в последствии оказалось, правильно ориентировал исследователей на ближайший период похолодания 1965-1968 гг. и с более чем 10-летней заблаговременностью на период похолодания вод Баренцева моря 1976-1982 гг. Характерно, что для периодов потеплений ошибки данного прогноза были более значительны, что можно объяснить не учетом длительной климатической тенденции (слишком короткий ряд наблюдений). В последующем это направление прогнозирования термичности вод на разрезе используется как в «классической» форме (Степахно, 1979; Солянкин, 1980; Ottersen Adlandsvik, Loeng, 1994), так и с использованием более современных методов математического анализа и учета закономерностей проявления доминантных циклов во времени (Бочков, 1979; Bochkov, 1998). Необходимость в совершенствовании этого направления очевидна, ибо спектры элементов климата Северной Атлантики и Баренцева моря (Bochkov, 1998) отражают закономерности многолетних изменений климата только в целом для всего современного периода 1951-1996 гг. (среднемноголетняя модель), при этом эти средние

параметры обычно и используются в прогностических моделях природных процессов. В то же время анализ устойчивости проявления доминантных циклических вариаций температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» указывает на нестационарность их проявления внутри рассматриваемого нами периода 1951-1996 гг., что ухудшает точность долгосрочного прогнозирования этого параметра морского климата Баренцева моря в его классическом виде. Например, в настоящее время роль квазидвухлетних температурных колебаний значительно уменьшилась и не превышает 15-20 % в то время как в 60-70-е годы эти вариации составляли до 30-40 % многолетних изменений температуры воды на разрезе. Напротив, 7-летние циклические вариации, роль которых в 60-70-е годы была очень мала, в последнее десятилетие стали одним из доминирующих факторов формирования многолетних колебания температуры воды разреза «Кольский меридиан» (см. рис.1в). Учет подобной нестационарности (Bochkov, Antsiferov, Karsakov, 1998) проявления доминантных циклов многолетних изменений температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» позволил усовершенствовать это направление в долгосрочном прогнозировании.

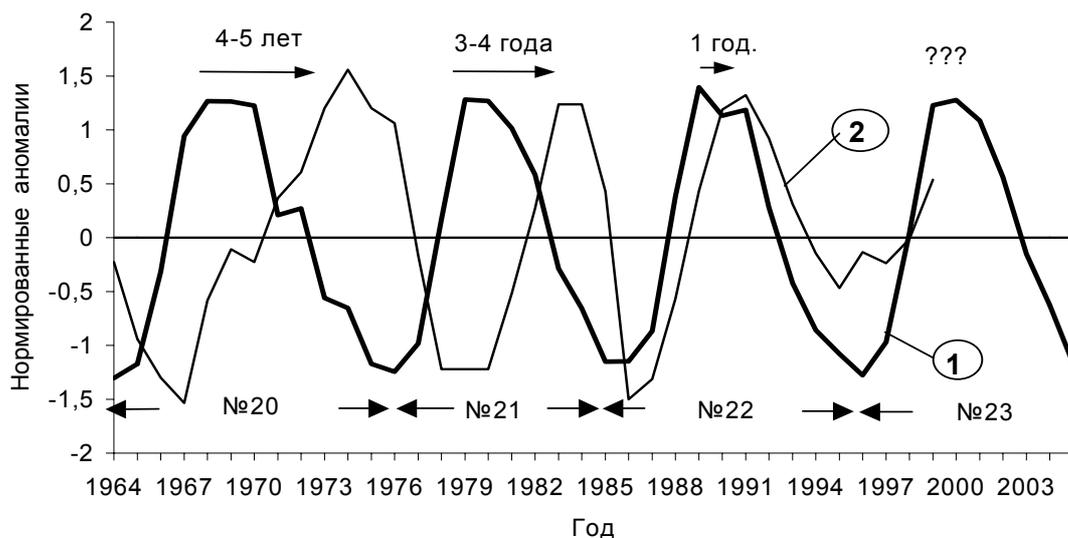
В то же время в своих научных воззрениях исследователи ПИНРО широко поддерживали и развивали известную концепцию видного отечественного океанолога профессора Игоря Владиславовича Максимова и его учеников о заметном воздействии ряда внешних космогеофизических сил на гидрометеорологические процессы (Максимов, 1955; Максимов, Смирнов, 1967; Максимов, 1970). Единство частотной структуры многолетних колебаний природных процессов на Земном шаре позволило им предположить, что эти колебания вызываются целым рядом сил, внешних по отношению к системе «атмосфера-гидросфера», но имеющих частоту колебаний, близкую к земным процессам. Исследования показали, что к этим силам относят, в частности, долгопериодные лунно-солнечные приливы (19-20 лет), солнечную активность – ее вековые и 11-летние вариации, полюсной прилив (нутации полюсов Земли) – продолжительность которого варьирует в пределах 5-8 лет. Причиной (Бочков, 1975; 1982б) квазидвухлетних колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море, возможно, является квазидвухлетний цикл ветра в экваториальной стратосфере.

Совместные исследования ученых Ленинградской школы Максимова и Полярного института установили реальный характер воздействия этого сложного комплекса вынуждающих сил на формирование крупномасштабной изменчивости основных показателей морского климата Баренцева моря (Смирнов, Саруханян, Бочков, 1967; Бочков, Саруханян, Смирнов, 1968) На этой основе в середине 70-х годов в Полярном институте был разработан «генетический» метод сверхдолгосрочного прогноза

температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», учитывающий в эмпирической форме тесную сопряженность многолетних колебаний температуры воды и ряда сил космогеофизического происхождения. Заблаговременность этих прогнозов достигает 10-15 лет. Наиболее подробно методика этого прогноза рассмотрена Ю.А.Бочковым (1979).

Фоновые прогнозы температуры воды в Баренцевом море, составленные этим методом в целом имеют хорошую оправдываемость. Они позволили (Бочков, 1978, 1979) с большой заблаговременностью правильно оценить крупномасштабные тенденции аномального похолодания вод Баренцева моря в период 1977-1981 гг., относительно краткосрочного потепления 1983-1985 гг., и умеренного похолодания 1986-1988 гг.

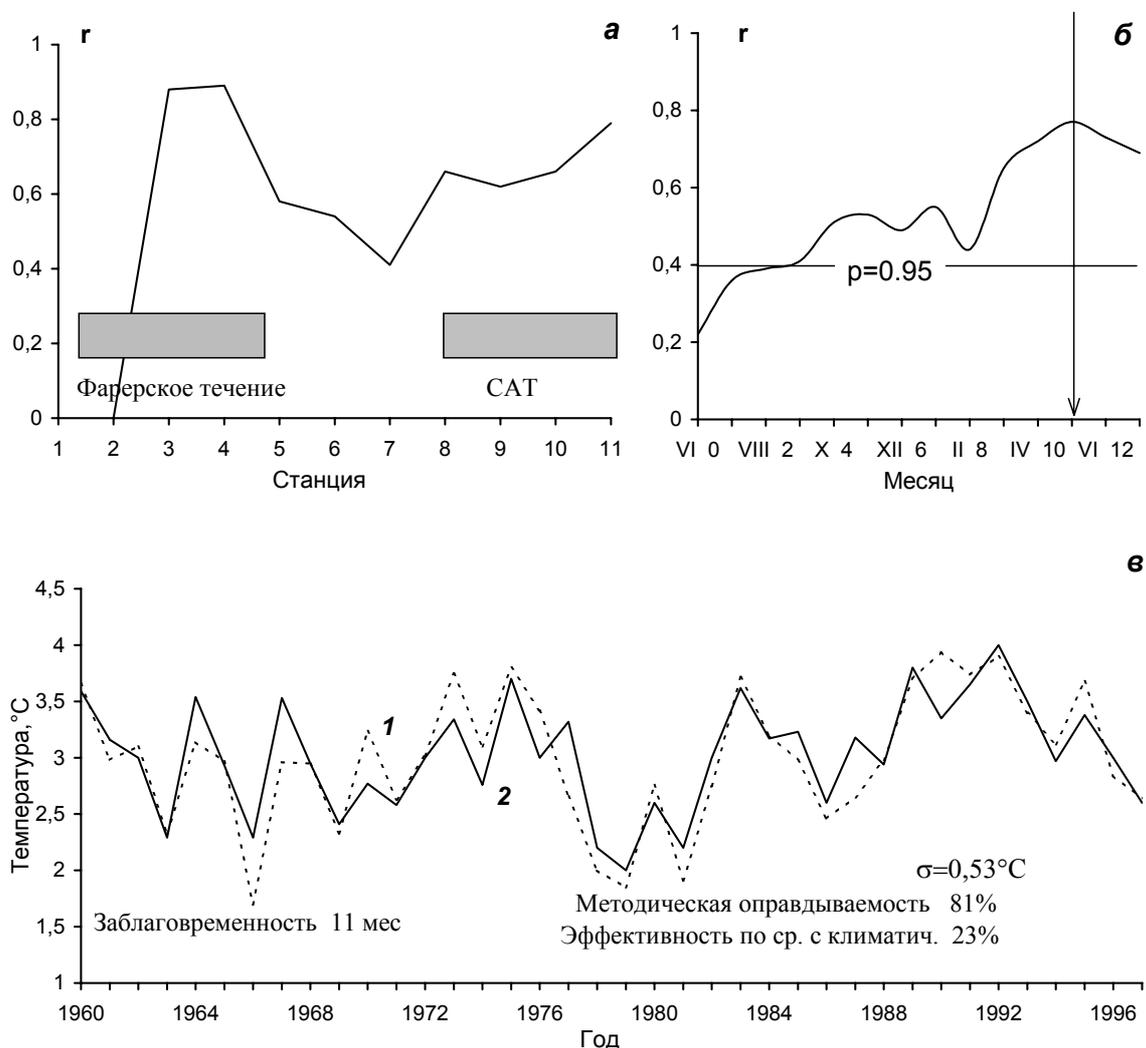
Характерно, что если для долговременного и «полюсного» приливов степень и характер их связи с температурой воды разреза «Кольский меридиан» на протяжении длительного периода времени остается тесным и устойчивым, солнечно-земные связи имеют более сложный характер (Бочков, 1978; Bochkov, 1998). Например, наблюдается медленное, но заметное сокращение асинхронного сдвига (лага) между «11-летними» колебаниями солнечной активности и соответствующими «солнечнообусловленными» вариациями температуры воды на разрезе. Если для периода 20-го цикла (1964-1974 гг.) солнечной активности изменения температуры воды наблюдались с запаздыванием относительно солнечной активности в 4-5 лет, в 21-м цикле (1975-1985 гг.) это запаздывание сократилось до 3-4 лет, то для современного 22-го цикла (1986-1996 гг.) солнечно-земная связь имеет почти синхронный характер (рис.2). Если эта закономерность сохранится и прогноз солнечной активности на период 23 цикла солнечной активности (1997-2006 гг.), составленный в ПИНРО, будет верным, то период 1999-2001 гг. (максимум солнечной активности) будет соответствовать теплым в климатическом отношении годам. Исходя из этого методика «генетического» метода сверхдолгосрочного прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» в настоящее время также уточняется и совершенствуется. Сегодня результаты этих прогнозов являются океанологической основой всех перспективных и годовых прогнозов величины промыслового запаса основных видов промысловых рыб и беспозвоночных Баренцева моря. В практике составления подобных перспективных гидрологических прогнозов специалистами ПИНРО используются и анализируются результаты прогностических расчетов по двум указанным направлениям.



**Рис.2. Многолетний ход нормированных аномалий среднегодовых величин чисел Вольфа (1 – солнечная активность) и температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» (2 – данные, осредненные по 3-летиям) за 1964-2000 гг. Нормирование осуществлялось в границах каждого 11-летнего цикла солнечной активности для периодов 20-23-го циклов по Цюрихской нумерации**

Для уточнения этих фоновых прогнозов научным сотрудником ПИНРО А.Г.Кисляковым (1968) впервые была разработана прогностическая модель, учитывающая перенос температурных аномалий из Норвежского моря в Баренцево море. В дальнейшем она была усовершенствована Ю.А. Бочковым и Л.Р. Солонициной (Бочков, Солоницина, 1978а; Бочков, 1979) и широко применялась в практике долгосрочного прогнозирования термики вод Баренцева моря в 80-е годы однако в дальнейшем (короткий ряд наблюдений 1959-1976 гг.) ошибки прогноза стали возрастать. Это предопределило новую научную разработку, и коллектив авторов в составе Ю.А.Бочкова, Е.В.Сентябова и А.Л.Карсакова на современных материалах (1959-1995 гг.) создал новую физико-статистическую модель прогноза температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» учитывающую в косвенной форме адвекцию тепла Норвежского течения. В форме статистически достоверной корреляционной связи авторам удалось установить важную роль адвекции тепла атлантических вод системы Северо-Атлантического и Норвежского течений в формировании последующих изменений теплового состояния вод южной части Баренцева моря. При этом асинхронная связь температурных изменений между разрезами Фареро-Шетландский канал (ФШК) на юге Норвежского моря и разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море достигает своего максимума ( $r=0,79$ , 1959-1995,  $N=36$ ) при запаздывании температуры на разрезе «Кольский меридиан» в 10-12 мес. (рис.3). Данный метод прогноза имеет хорошую

оправдываемость и применяется для уточнения долгосрочных прогнозов температуры воды на разрезе с заблаговременностью более одного года.



**Рис.3.** Результаты статистического анализа связи многолетних изменений температуры воды в слое 0-200 м между станциями на разрезе через Фареро-Шетландский канал (ФШК) на юге Норвежского моря (а); кореллограмма асинхронной связи многолетних изменений температуры воды на ФШК в июне и на «Кольском меридиане» (б); фактические и вычисленные (с использованием данных по ФШК) значения температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», рассчитанные с заблаговременностью 11 мес. (в)

Результаты наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» являются основой большинства исследований крупномасштабных изменений гидрометеорологических процессов, как в Баренцевом море, так и на акватории Северной Атлантики и Северо-Европейского бассейна, а также их биолого-промысловых последствий. Они широко известны и неоднократно

представлялись на международных научных форумах. Из современных результатов исследований в этой области следует обратить внимание на следующие: во-первых, на значительную роль, которую играет в формировании многолетней изменчивости морского климата Баренцева моря долговременная (так называемая «вековая») составляющая этих изменений, которая фундаментально обуславливает и соответствующие долговременные изменения его промысловой экосистемы (Бочков, 1986; Бочков, Лука, 1992; Bochkov, 1976, 1987; Bochkov, Troyanovsky, 1996).

При этом Ю.А. Бочков и Г.И.Лука (1992) впервые предложили использовать в научных исследованиях в качестве объективного теплового индикатора морского климата Баренцева моря расчетный показатель, который в комплексной форме учитывал бы непрерывные и однородные (нормированные) данные системы АКГ в изучаемом регионе Мирового океана. В качестве основных элементов климатической системы АКГ Баренцева моря ими были использованы данные температуры воздуха (ст.Кола), температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» и общей ледовитости Баренцева моря. Как видно на рис.4, генеральные особенности климатических изменений системы АКГ Баренцева моря в период 1900-1998 гг. характеризуются рядом долговременных периодов похолоданий (1900-1927, 1965-1988 гг.) и потеплений (1928-1965, с 1989 г. по настоящее время). Средняя продолжительность этих климатических изменений для периода 1900-1999 гг. составляет 65-70 лет. Эти климатические изменения очень значительны и аппроксимируют до 10-20 % изменчивости температуры воздуха и 15-25 % изменчивости температуры воды и ледовитости в изучаемом регионе Мирового океана. Анализ свидетельствует, что последний период похолодания 1965-1988 гг. сменился современным периодом потепления, максимум которого, по мнению ученых ПИНРО, придется ориентировочно на 2005-2010 гг., а последующий минимум – на 2025-2035 гг.

Эти климатические изменения морского климата Баренцева моря непосредственно и однозначно определяют долговременные изменения промысловой экосистемы этого водного бассейна. В схематизированном виде на рис.4 видна доминирующая приуроченность урожайных поколений трески, пикши и сельди к периодам потепления морского климата Баренцева моря. Количественный анализ исторических данных 1902-1994 гг. указывает, например, на разительное отличие соотношения бедных и урожайных поколений северо-восточной арктической трески Баренцева моря в периоды потеплений и похолоданий атлантических вод на разрезе «Кольский меридиан». Так, в периоды потеплений число урожайных поколений трески составило 55 %, нормальных 31 %, а неурожайных только 14 %, т.е. число урожайных поколений в 4 раза превысило число бедных. Напротив, в период

последнего климатического похолодания 1965-1988 гг. число урожайных поколений трески составило только 17 %, нормальных 33 %, а неурожайных, напротив, значительно возросло до 50 %.

Во-вторых, на фоне долговременных климатических изменений в Баренцевом море наблюдаются и более короткопериодные вариации, которые наряду с вековыми изменениями и формируют в целом закономерности многолетних колебаний морского климата Баренцева моря (см. рис.4). Закономерности их достаточно подробно рассмотрены в научной периодике (Мухин, Сарынина, 1974; Мухин, Двинина, 1982; Бочков, Двинина, Терещенко, 1987). При этом, как показывают результаты современных исследований, в последние десятилетия эти относительно короткопериодные вариации температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», например похолодание 1977-1981 гг. и потепление 1989-1995 гг., стали носить все более и более аномальный характер (Бочков, Терещенко, 1992; Bochkov, Troyanovsky, 1996). В последней публикации отмечены и другие факты прогрессивного возрастания неустойчивости климатических систем «атмосфера-криосфера-гидросфера» не только в районе Баренцева моря, но и на обширной акватории Северной Атлантики. При этом с начала века отмечается систематическое значительное увеличение изменчивости ряда основных показателей климата Северной Атлантики – Азорского максимума, Исландского минимума, Северо-Атлантического колебания – и Баренцева моря – интегрального индекса климата, температуры воздуха и температуры воды на разрезе «Кольский меридиан». Это согласуется с фактами прогрессивного увеличения частоты повторяемости основных форм циркуляции атмосферы Земли (Дмитриев, 1994; Либантова, 1986). Изменчивость процессов атмосферной циркуляции возрастает столь интенсивно, что через несколько десятилетий общая циркуляция атмосферы Земли может претерпеть коренные изменения.

Одним из наиболее ярких проявлений подобной неустойчивости климата Баренцева моря, является увеличение повторяемости аномальных, а часто и экстремальных явлений природы, которое мы отмечаем на его акватории в настоящий период времени. Вот лишь некоторые факты:

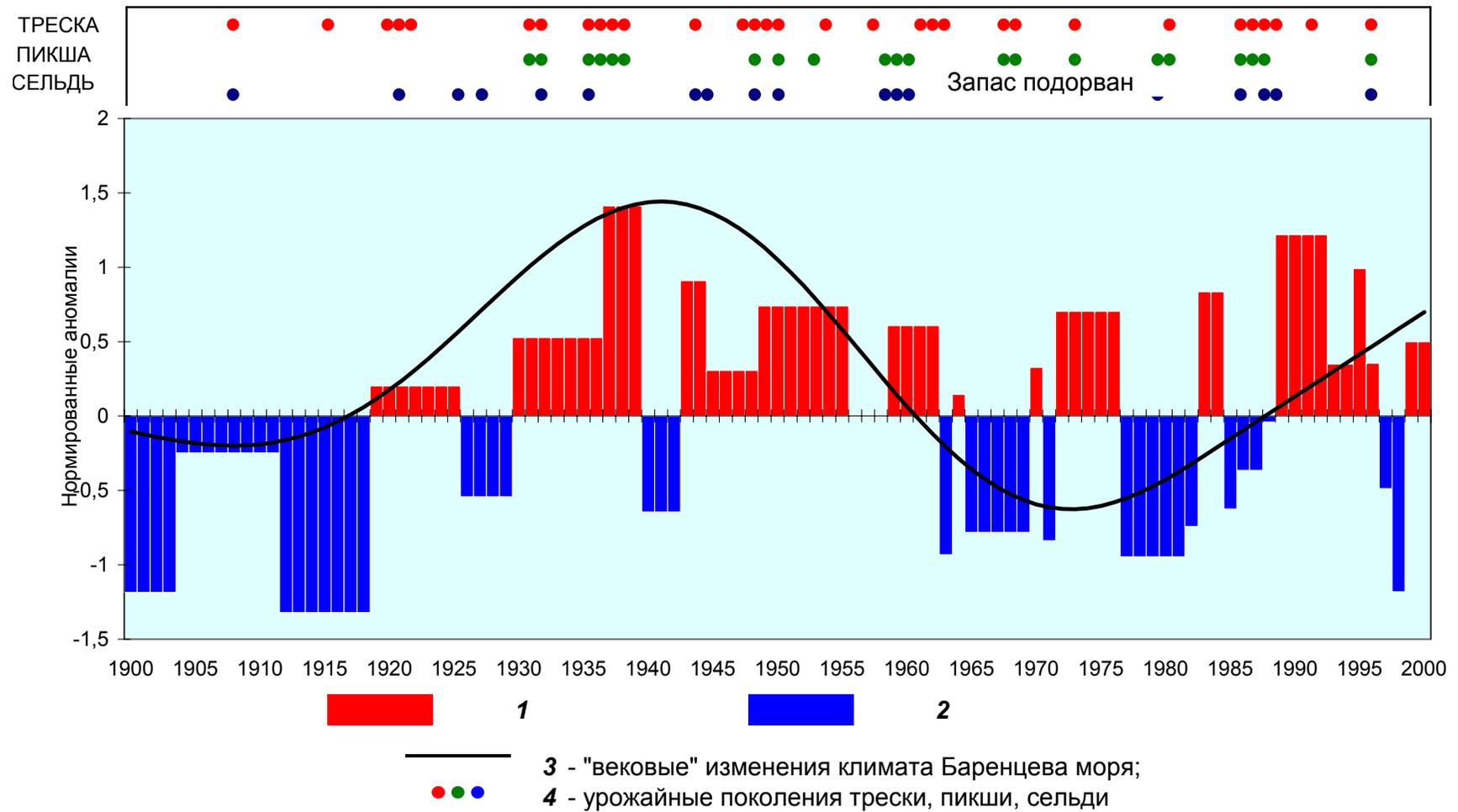


Рис.4. Генеральные черты климатических изменений системы «атмосфера ( $T_a$ ) – криосфера(Л) – гидросфера( $T_w$ ) – биосфера (Т, П, С)» в Баренцевом море в 1900-1999 гг.:  $T_a$  – температура воздуха на ст. Кола; Л – общая ледовитость моря в летний период;

$T_w$  – температура воды на разрезе «Кольский меридиан»; Т, П, С – соответственно урожайные поколения трески, пикши и сельди

– экстремальная перестройка теплового режима вод в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» от аномального холода ( $\Delta T = -0,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ) в январе 1990 г. к аномальному теплу уже в июле того же года ( $\Delta T = 1,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (такого за всю вековую историю наблюдений на разрезе не отмечалось);

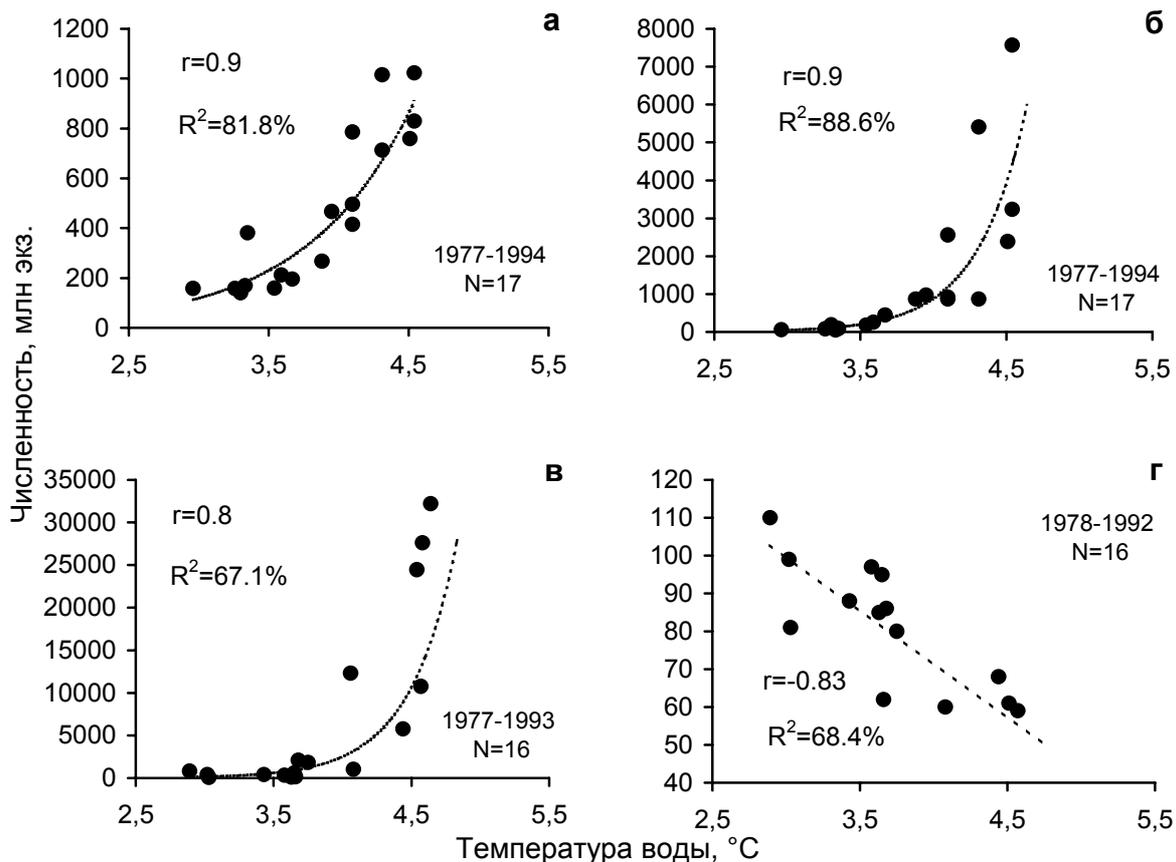
– сезонный минимум термики вод слоя 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» в последний период потепления 1989-1995 гг. отмечался на 1-2 мес. раньше, а максимум на 1-2 мес. позднее обычного, т.е. значительно возросла продолжительность весенне-летнего сезона.

– площадь холодных донных вод с температурой минус  $1,0 \text{ }^\circ\text{C}$  сократилась от холодного 1987 г. к аномально теплomu 1991 г. в пять раз, а к 1998 г. ее величина вновь стала соответствовать экстремально холодным годам;

– последнее десятилетие отмечается тенденцией значительного увеличения дней с неблагоприятными штормовыми погодными условиями в зимний период, что крайне негативно влияет на судоходство и особенно рыбный промысел в Баренцевом море;

– в последние 1998-1999 гг. возникла крупномасштабная оппозиция климатических условий внутри самой акватории Баренцева моря: на северо-западе моря гидрологические и ледовые условия соответствуют аномально теплым годам периода потепления Арктики середины 30-х годов, напротив, на юге и востоке моря гидрологические и ледовые условия соответствуют аномально холодным годам; зимой 1998 и 1999 гг. замерзал Кольский залив, что является редким явлением.

Таким образом, в настоящее время мы живем в эпоху регулярных, быстрых и возможно необратимых изменений климата. Несомненно, это заслуживает серьезного и детального изучения в целях познания природы этих изменений, которая на сегодня не ясна, но которая несомненно должна учитываться в разработке прогностических моделей. Объективная необходимость проведения этих исследований предопределяется и тем, что указанные аномальные изменения современного морского климата Баренцева моря вызывают столь же глубокие изменения и его экосистемы. Так в современный период аномальных изменений морского климата Баренцева моря (1977-1994 гг.) обнаруживается (рис.5) почти фундаментальная обусловленность многолетних изменений численности пополнения промысловых стад трески (82 %), пикши (89 %), сельди (67 %) и креветки (68 %) от многолетних изменений температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан». Аналогичные результаты установлены для мойвы Баренцева моря и атлантического лосося.



**Рис.5.** Графики связи многолетних колебаний температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» и величины пополнения ряда промысловых рыб и беспозвоночных Баренцева моря в период 1977-1994 гг.: а – северо-восточная арктическая треска в возрасте 3 года; б – аркто-норвежская пикша в возрасте 3 года; в – атлантическо-скандинавская сельдь в возрасте 3 года; г – северная креветка в возрасте 2 года;  $r$  – коэффициент корреляции;  $R^2$  – коэффициент детерминизации;  $N$  – длина ряда

Наконец, в свете возрастания степени неустойчивости современных изменений климатических систем Северного полушария важное значение имеют пока еще диагностические результаты системного подхода к долгосрочному прогнозированию элементов морского климата Северной Атлантики и морей Европейского Севера. В частности, в рамках разработки системного подхода к долгосрочному прогнозированию элементов морского климата Баренцева и Лабрадорского морей установлено (Vochkov, Troyanovsky, 1996), что современные крупномасштабные колебания температуры атлантических вод слоя 0-200 м в Основной ветви Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» и субарктических вод Лабрадорского течения в районе Северо-Западной Атлантики имеют тесную статистически достоверную синхронную обратную связь ( $r = -0,61$ , 1964-1992 гг.,  $n=29$ ). Аналогичная тесная сопряженность наблюдается в многолетней изменчивости и других основных показателей морского климата Баренцева и

Лабрадорского морей. При этом многолетние колебания атмосферных и океанических условий в районах Северо-Западной Атлантики и Баренцевом море имеют не только тесную статистически достоверную синхронную связь, но и противоположную климатическую направленность. Одним из главных факторов формирования современных крупномасштабных изменений морского климата Северной Атлантики и Баренцева моря является крупномасштабная изменчивость процессов атмосферной циркуляции, в частности, объективно отражаемая индексом Северо-Атлантического колебания (Vochkov, 1998). Установлено (Vochkov, Antsiferov, Karsakov, 1998), что тесная сопряженность между изменениями этого объективного атмосферного индикатора климата Северной Атлантики в зимний период (декабрь-март) и температурой воды на разрезе «Кольский меридиан» ( $r=0,69$ , 1951-1996 гг.,  $n=46$  лет) может быть использована в прогностических целях. Небольшой положительный опыт (Vochkov, Antsiferov, Karsakov, 1998) использования этого системного подхода к долгосрочному прогнозированию температуры воды на разрезе «Кольский меридиан», как и других показателей морского климата Баренцева моря уже есть, и этот опыт дает некоторый оптимизм в получении желаемых результатов. Это крайне важно, ибо столь значительные изменения морского климата Баренцева моря, которые мы наблюдаем сегодня, несомненно, ожидаются и в ближайшем будущем. Необходимо знать в каком направлении и с какой интенсивностью будет изменяться морской климат Баренцева моря в ближайшем и отдаленном будущем. Продолжение регулярных наблюдений на вековом разрезе «Кольский меридиан», несомненно, будет способствовать решению этой задачи.

## Список использованной литературы

Бойцов В.Д. Многолетние циклические изменения величины пополнения баренцевоморских эвфаузиид и факторы, их определяющие//Вопросы промысловой океанографии Северного бассейна: Сб.науч.тр./ПИНРО. – Мурманск, 1984. – С.19-29.

Бочков Ю.А. Среднемноголетняя температура воды разреза по Кольскому меридиану за период 90 лет (1871-1961) для слоя 0-200 м//Материалы рыбохоз. исслед. Сев. бас. – Вып.2. – Мурманск. – 1964а. – С.62-67.

Бочков Ю.А. О долгопериодных колебаниях термики Баренцева и Норвежского морей//Тр./ПИНРО. – 1964б. – Вып.16. – С.277-288.

Бочков Ю.А. О многолетних изменениях термики южной части Баренцева моря//Материалы рыбохоз. исслед. Сев. бас. – Вып.4. – Мурманск. – 1964в. – С.86-89.

Бочков Ю.А. Двухлетняя цикличность гидрометеорологических явлений в Баренцевом и Норвежском морях//Тр./ПИНРО. – 1975. – Вып.35. – С.55-66.

Бочков Ю.А. Учет 11-летних колебаний солнечной активности в фоновых прогнозах температуры воды Баренцева моря//Тр./ПИНРО. – 1978. – Вып.40. – С.33-43.

Бочков Ю.А. Сверхдолгосрочные прогнозы температуры воды разреза Кольский меридиан//Методические рекомендации по прогнозированию температуры воды в Северном рыбопромысловом бассейне. –Мурманск, 1979. – С.125-164.

Бочков Ю.А. Ретроспектива температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море (1900-1981 гг.)// Экология и промысел донных рыб Северо-Европейского бассейна: Сб.науч. тр./ПИНРО. – Мурманск, 1982а. – С.113-122.

Бочков Ю.А. Центр циркуляции атмосферы как фактор формирования крупномасштабных колебаний гидрометеорологических процессов в районе Баренцева моря//Природа и хозяйство Севера. – Мурманское книжное издательство. – 1982б. – Вып.10. – С.26-31.

Бочков Ю.А. Некоторые примеры региональных промыслово-океанографических характеристик: Баренцево, Норвежское, Гренландское моря, Северо-Восточная и Северо-Западная Атлантика//Промысловая океанология. – М.: Агропромиздат, 1986. – С.248-268.

Бочков Ю.А., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Основные закономерности многолетних колебаний температуры воды Баренцева моря и их связь с геофизическими процессами//Тр./ПИНРО. – 1968. – Вып.23. – С.104-115

Бочков Ю.А., Кудло Б.П. Многолетние изменения температуры воды Баренцева моря и их влияние на общую биомассу бентоса//Состав, распределение и экология донной фауны Баренцева моря: Сб. науч.тр./ПИНРО. – Мурманск, 1972. – С.3-7.

Бочков Ю.А., Солоницина Л.Р. Сопряженность изменений температуры водных масс Норвежского и Баренцева морей//Тр./ПИНРО. – 1978. – Вып.40. – С.45-54.

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. – Л., 1987. – С.91-106.

Бочков Ю.А., Лука Г.И. Долговременные изменения океанических процессов Северо-Европейских морей и их биолого-промысловые последствия//Сб. науч.тр./ЛГМИ. – Л., 1992. – С.67-79.

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.

Дмитриев А.А. Изменчивость атмосферных процессов Арктики и ее учет в долгосрочных прогнозах. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 207 с.

Дрогайцев Д.А. Долгосрочные гидрометеорологические прогнозы на основе учета колебаний температуры. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 92 с.

Зубов Н.Н. Морские воды и льды. – М., Гидрометеиздат, 1938. – 451 с.

Ижевский Г.К. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. – М.: Пищепромиздат, 1961. – 216 с.

Кисляков А.Г. О связи термики вод Норвежского и Нордкапского течений//Тр./ПИНРО. – 1968. – Вып.23. – С.143-156.

Кондратович К.В. Долгосрочные гидрометеорологические прогнозы в Северной Атлантике. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 183 с.

Либантова З.Я. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы в тихоокеанском районе северного полушария//Тр./ААНИИ. – Л., 1986. – Т.406. – С.90-93.

Максимов И.В. О некоторых геофизических причинах многолетних колебаний ледовитости северной части Атлантического океана//Ученые записки ЛВИМУ. – Л., 1955. – С.11-37.

Максимов И.В., Смирнов Н.П. Генетический метод прогноза многолетних колебаний климатических характеристик в океане//Тр./ПИНРО. – 1967. – Вып.20. – 1967. – С.323-335.

Максимов И.В. Геофизические силы и воды океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 477 с.

Мухин А.И., Сарынина Р.Н. «Вековые» гидрологические разрезы в Баренцевом море и промысловые прогнозы//Рыбное хозяйство. – 1974. – № 9. – С.8-10.

Мухин А.И., Двинина Е.А. Многолетние колебания температуры и солености воды в весенне-летний период на границе Норвежского и Баренцева морей//Экология и промысел донных рыб Северо-Европейского бассейна: Сб. науч. тр./ПИНРО. – Мурманск, 1982. – С.98-112.

Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Бочков Ю.А. Многолетние колебания гидрологического режима Баренцева и Норвежского морей и возможности их прогнозирования//Материалы рыбохоз. исслед. Сев. бас. – Вып. 8. – Мурманск. – 1967. – С.111-121.

Солянкин Е.В. О циклических колебаниях фоновых показателей абиотических условий воспроизводства в различных природных системах северного полушария//Сб. науч. тр./ВНИРО. – Т.140. – М. – 1980. – С.15-27.

Степахно Г.В. Прогноз температуры воды разреза Кольский меридиан методом главных компонент//Методические рекомендации по прогнозированию температуры воды в Северном рыбопромысловом бассейне. – Мурманск, 1979. – С.56-71.

Сустанов Ю.В. Метод расчета температуры воды в южной части Баренцева моря на основе раздельного учета теплового взаимодействия с атмосферой и адвекцией тепла течениями//Сб. науч. тр./ААНИИ. – Л., 1975. – Т.321. – С.133-142.

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

Bochkov Yu A On the effect of solar activity of various periodicity on the thermal regime of Barents Sea//ICES CM 1976/C:2. – Hydrography Committee. – 1976. – 16 pp.

Bochkov Yu. A. Long-term variations in oceanic processes in the North European seas and their biological and fishery consequences//ICES CM 1987/C:11. – Oceanography Committee. – 1987. – 19 pp.

Bochkov Yu. A., Troyanovsky F.M. Present-Day climatic variations in the Barents and Labrador Seas and their biological impacts//NAFO SCR Doc 96/25. Ser. 2698/1996. – 24 pp.

Bochkov Yu. A. Appearance possible genezis and the role of NAO in the North Atlantic and the Nordic seas//ICES CM 1998/C:14. – Oceanography Committee. – 1998. – 15 pp.

Bochkov Yu. A., Antsiferov M.A., Karsakov A.L. Role of the North-Atlantic Oscillation in the Formation of marine climate in the Barents Sea//First International BASIS Research Conference, Doc.98/C.2. – St. Peterburg, 1998.– 2 pp.

Ottersen G., Adlandsvik B., Loeng H.//Statistical modelling of temperature variability in the Barents Sea//ICES CM 1994/S:2. – 16 pp.