

*А.С. Аверкиев, Д.В. Густоев, И.П. Карпова,
Е.И. Серяков (РГГМУ, НВП «Система-А»)*

ИССЛЕДОВАНИЕ И ДОЛГОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА РАЗРЕЗЕ «КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН»

Исследование долгопериодной изменчивости тепловых процессов и их прогнозирование возможны только при наличии достаточно длительных и надежных наблюдений. Данные разреза «Кольский меридиан» являются уникальными в этом отношении, так как наблюдения здесь проводятся на протяжении 100 лет несколькими поколениями океанологов. В сборе, обработке и анализе информации наряду с бассейновыми организациями, вклад которых весьма значителен, в течение полувека принимают участие студенты и сотрудники Российского государственного гидрометеорологического университета (ранее ЛГМИ).

Так, для изучения темпов охлаждения незамерзающей части Баренцева моря в январе-феврале 1957 г. и январе 1958 г. были проведены две совместные экспедиции ПИНРО и ЛГМИ. Одной из их целей было выполнение нестандартных наблюдений за элементами теплового баланса, а также за изменениями теплосодержания деятельного слоя путем выполнения многократных гидрологических съемок в течение одного месяца. Опыт двух экспедиций на судах типа СРТ доказал возможность проведения градиентных наблюдений за метеорологическими элементами в приводном слое моря. Из всех составляющих теплового баланса непосредственно измерялся только радиационный баланс (Серяков, 1959а). Тогда же впервые были получены количественные оценки суммарной теплопотери в штормовых условиях и отмечена большая роль адвекции тепла течениями, особенно из-за смещения их теплых струй.

Одновременно с экспериментальными работами по изучению теплового баланса южной части Баренцева моря были выполнены расчеты всех его составляющих (Серяков, 1959б). Отметим, что суммарные теплопотери с поверхности моря в течение года изменяются в шесть раз, причем наибольшая теплоотдача наблюдается с января по март. Адвекция тепла течениями по мере продвижения атлантических вод с запада на восток уменьшается в 1,5 раза. В табл.1 представлен вклад основных компонент теплового баланса в изменчивость термического режима южной части Баренцева моря.

В ряде работ по изучению теплового баланса Баренцева моря были уточнены некоторые количественные оценки как сезонного хода того или иного параметра, так и его удельного веса в уравнении теплового баланса,

однако и спустя 30 лет в работах сотрудников Мурманского филиала ААНИИ приводятся те же средние цифры, и особенно это касается роли адвекции тепла течениями. В экспедиционных работах 70-80-х годов во время выполнения экспериментов «Разрезы», «БАРЭКС» и других широко применялись многократные микро-, мезо- и макросъемки для получения информации об изменчивости теплового баланса морей Северного рыбопромыслового бассейна.

Таблица 1

Среднемноголетние оценки прихода и расхода тепла в южной части Баренцева моря

Приход		Расход	
Адвекция течениями	56 %	Затраты на испарение	36,5 %
Солнечная радиация	42 %	Теплообмен с атмосферой	34,5 %
Теплообмен с атмосферой	2 %	Эффективное излучение	29,0 %

Для иллюстрации межгодовой изменчивости составляющих теплового баланса в табл.2 приведены их аномалии для различных по гидрологическому режиму лет.

Таблица 2

Аномалии радиационного баланса (ΔR), теплообмена с атмосферой (ΔP) и потерь тепла на испарение (ΔLE) на разрезе «Кольский меридиан» в различные годы, ккал/см² в год

Показатель	Год									
	1929	1933	1934	1938	1940	1948	1950	1957	1958	1959
ΔR	4,0	-1,1	2,6	5,3	0,3	0,0	1,4	9,1	3,8	-4,0
ΔP	3,3	22,0	14,2	7,1	20,0	9,0	-2,0	4,7	5,2	6,3
ΔLE	-4,0	0,6	7,6	2,4	1,0	4,5	-6,4	-4,5	1,7	-2,7

Отметим, что 1929, 1940, 1948 и 1958 гг. по тепловому режиму относятся к аномально холодным, а 1933, 1934, 1938 и 1950 гг. являются аномально теплыми, и только условия в 1957 и 1959 гг. близки к среднемноголетним. К сожалению, расчеты составляющих теплового баланса за все годы выполнить практически невозможно из-за отсутствия надежных и полных гидрометеорологических наблюдений. Поэтому были выполнены оценки вариаций потерь тепла при колебаниях температуры воды, воздуха, скорости ветра и упругости водяного пара (Серяков, 1979). Оказалось, что на вариации теплообмена с атмосферой и потерь тепла на испарение наибольшее влияние оказывают колебания температуры воды и воздуха, и это имеет очень большое значение при разработке методов прогнозирования.

Начиная с 1965 г. коллектив преподавателей, сотрудников и студентов ЛГМИ работал по тематике, связанной с созданием методики долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов тепловых процессов в Баренцевом и Норвежском морях. Эти работы базировались на данных разреза «Кольский меридиан», продолжались и совместные экспедиционные работы, обязательной частью которых были наблюдения на Кольском меридиане.

Непосредственно на материалах наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» или с использованием их совместно с другими данными разрабатывались теоретические основы методов долгосрочного прогнозирования. Существуют многочисленные публикации, совместные сборники статей, доклады, в которых изложены эти методики. Не приводя обширной библиографии, назовем три выпуска методических рекомендаций по долгосрочному прогнозированию температуры воды в Северном рыбопромысловом бассейне (1979, 1989, 1998), которые представляют собой обобщающие работы в этом направлении (Методические рекомендации по прогнозированию..., 1979; Методические рекомендации по статистико-вероятностному..., 1989; Методические рекомендации по использованию..., 1997). В них были использованы все основные направления прогностической работы: синоптическое, физико-статистическое и гидродинамическое. Наряду с методическими рекомендациями вышли две монографии, в которых использованы материалы разработок по хоздоговорам между ПИНРО и ЛГМИ (Кондратович, 1977; Серяков, 1979).

В синоптическом направлении был применен и усовершенствован метод Дрогайцева по прогнозу сезонной температуры воды на стандартных разрезах Баренцева моря с заблаговременностью от 3 до 9 мес. В качестве предикторов использовались индексы атмосферной циркуляции (Серяков, 1979; Методические рекомендации по прогнозированию..., 1979). Связь между полями индексов тепла и холода в средней атмосфере за сезон предзимья являются надежными предикторами для прогноза температуры воды деятельного слоя на последующие три сезона года. Тип атмосферной циркуляции формируется в период предзимья и доминирует над другими процессами в течение нескольких последующих месяцев. Оперативные прогнозы температуры воды на период с января по сентябрь составлялись на протяжении ряда лет и имели достаточно высокую оправдываемость.

Физико-статистическое направление было представлено более широко. На первом этапе использовался динамико-статистический метод Алехина, разработанный в ЛГМИ в 60-е годы и примененный к задаче прогноза температуры воды в Баренцевом и Норвежском морях (Серяков, 1979; Методические рекомендации по прогнозированию..., 1979). Первый опыт его использования был выполнен К.В. Кондратовичем (1977). В отличие от экстраполяции случайных функций, где прогноз на один шаг

вперед осуществляется по предыстории 1-2 шагов, в динамико-статистическом методе исходный ряд в 25 раз превышает прогнозируемый период. Этот метод основан на использовании внутрирядной связи последовательных среднемесячных, сезонных и годовых значений температуры воды на стандартных разрезах. В табл. 3 приведены некоторые оценки оправдываемости оперативных прогнозов температуры с заблаговременностью один год, переданных в ПИНРО для разработки промысловых прогнозов.

Таблица 3

Значения прогнозируемой и фактической температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» в различные годы и их разность, °С

Температура	Год						
	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Прогн.	3,87	4,01	3,84	4,18	4,32	4,07	4,03
Факт.	3,52	4,04	4,38	3,97	4,39	4,11	3,58
Разность	-0,35	0,03	0,54	-0,27	0,07	0,04	-0,45

Отсутствие значительных погрешностей в прогнозах температуры воды большой заблаговременности даже за аномальные по термическому режиму годы, очевидно, указывает на физическую обоснованность вышеуказанного метода.

В дальнейшем в работах по разработке физико-статистического направления прогнозирования температуры воды на стандартных разрезах Баренцева моря активное участие принимал Ю.В. Сустанов (Сустанов, 1978; Карпова, Сустанов, Николаев, 1989). Главное отличие разрабатываемого им метода от других заключалось в анализе и прогнозе основных процессов, формирующих тепловые условия моря (Сустанов, 1978). В основе метода лежал учет влияния основных процессов, формирующих тепловые условия моря: теплообмена с атмосферой, адвекции тепла (холода) течениями и изменчивость теплового состояния водных масс, приходящих из Норвежского моря на западный пограничный разрез. Суть метода заключалась в нахождении связей между аномалиями температуры воды и воздуха (влияние теплообмена через поверхность), скоростью Нордкапского течения и изменениями уровня моря по отдельным предварительно выделенным циклическим (адвективная составляющая), температурой воды на разрезах № 3 («м.Нордкап-о-в Медвежий») и № 6 («Кольский меридиан») Баренцева моря (тепловое состояние приходящих водных масс), причем во всех случаях учитывалась инерция этих процессов. Интервалы запаздывания реакции температуры воды на изменения соответствующего предиктора составляли от 1 до 3 мес. Оперативные прогнозы температуры воды с такой

заблаговременностью требуют постоянного поступления данных и анализа развития гидрометеорологических процессов, т.е. оперативной информации о температуре воздуха, уровне моря, температуре воды на западном пограничном разрезе, поэтому целесообразно использование этой схемы прогноза непосредственно потребителем.

Для составления долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов температуры воды на стандартных разрезах Баренцева моря с 80-х годов начала использоваться методика, основанная на таком фундаментальном свойстве природных процессов, как полицикличность, проявляющаяся в закономерных квазипериодических изменениях погодообразующих и климатообразующих факторов на нашей планете (Карпова, Сустанов, Николаев, 1989). Задача разработки долгосрочных прогнозов обычно решается двумя принципиально различными путями. В одном случае методика базируется на поисках связи параметров среды с внешними факторами, и на основе прогноза последних или учета инерционности взаимодействия процессов прогнозируются первые. В другом случае развитие океанологических процессов экстраполируется на перспективу путем учета закономерностей проявления циклических свойств прогнозируемого элемента и инерционности развития процессов в циклах. Оба подхода активно разрабатываются и имеют как преимущества, так и недостатки. Но поскольку полицикличность, присущая в той или иной мере всем природным процессам, обусловлена многофакторностью и разномасштабностью причинно-следственных взаимозависимостей, второй вариант, на наш взгляд, более универсален по сравнению с методами, основанными на физико-статистических региональных связях. В долгосрочном прогнозировании издавна учитывалось свойство цикличности временных рядов, в частности, их тренды. В то же время использование чаще всего одной определенной цикличности (в одних случаях раньше, в других позже) приводило к негативным результатам. Это обусловлено и тем, что для циклических составляющих характерны биения, и в зависимости от момента времени роль одной-двух составляющих может быть определяющей или незначительно малой. В целом методы, основанные на учете ритмики природных процессов, являются, с одной стороны, более формальными, так как явно не выявляют причины изменений, но с другой стороны – более универсальными, поскольку могут быть применены к любым циклическим явлениям.

Итогом работы в этом направлении явилось создание пакета программ МСПГЭ (метод сверхдолгосрочного прогноза гидрометеорологических элементов), основанного на анализе спектральной структуры исходных рядов, полосовой фильтрации основных энергонесущих частот и их экстраполяции на перспективу (Методические рекомендации по

использованию..., 1997). Разработка этой методики и ее развитие за прошедшие двадцать лет заключались в совершенствовании следующих блоков:

- осуществлен переход от авторского (графического) варианта схемы прогноза к формализованному на ЭВМ, что позволило свести к минимуму неизбежный субъективизм прогнозиста;

- проведен анализ различных полосовых фильтров для выделения основных цикличностей, присущих изучаемому процессу и лучшим для решения данной задачи признан фильтр Баттерворта;

- проведено исследование возможностей различных математических методов для экстраполяции отдельных цикличностей. В настоящее время для экстраполяции используется разработанный ранее и несколько модифицированный комплекс АСАП (автоматизированная система автоматического прогнозирования) с автоматическим выбором оптимального варианта прогноза каждой составляющей и получением результирующего значения прогнозируемой величины (Методические рекомендации по статистико-вероятностному..., 1989);

- введен блок учета амплитудной нестационарности квазипериодических составляющих и исходного временного ряда, которая представлена в виде огибающих биения соответствующих рядов по их максимальным и минимальным значениям. Экстраполяция огибающих исходного ряда и отдельных составляющих позволяет контролировать и в случае необходимости корректировать прогностические значения, если они выходят за пределы «коридора», ограниченного огибающими.

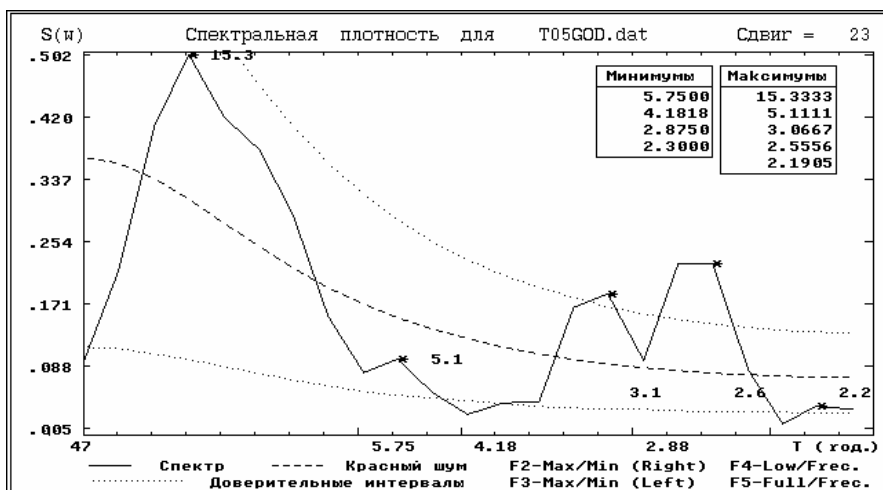
Использование пакета МСПГЭ для прогнозов температуры воды, ледовитости, уровня моря и как инструмента для анализа изменчивости различных временных рядов (в том числе и рыбопромыслового характера), а также климатических изменений привело к положительным результатам. Прогнозы среднегодовой температуры воды в слое 0-200 м на разрезе № 6 Баренцева моря по этому методу начали составляться в ЛГМИ с 1986 г., а с 1991 г. эти работы были продолжены в НВП «Система-А». На протяжении этого периода разрабатывались и совершенствовались методики прогнозирования. За прошедшие 13 лет оправдываемость по знаку составила 77 %, по величине – 85 %, а эффективность метода – 16 %. Оценка оправдываемости опытных прогнозов ледовитости Баренцева моря, которые начали составляться в 1992 г. (за 7 лет), составила 86 % как по знаку, так и по величине.

Гидродинамическое направление прогноза поля температуры воды в слое конвективного перемешивания и положения кромки льда в Баренцевом море нашло отражение в работе Л.Н.Карлина и И.П.Карповой (1978).

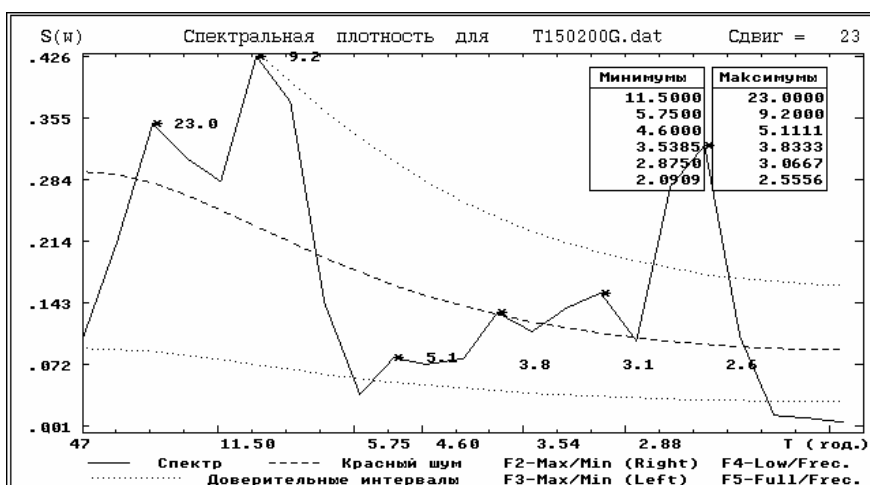
Рассмотрим межгодовую изменчивость температуры воды на разрезе «Кольский меридиан» и ее возможные пространственно-временные связи с другими характеристиками в сопредельных районах. Для анализа и поиска возможных связей использовались следующие характеристики среднегодовой дискретности:

- температура воды на поверхности за 1951-1997 гг.;
- температура воды в слое 0-50 м за 1951-1997 гг.;
- температура воды в слое 150-200 м за 1951-1997 гг.;
- температура воды в слое 0-200 м за 1899-1997 гг.;
- температура воздуха в северном полушарии за 1851-1997 гг.;
- температура воздуха на ст. Вардё за 1840-1995 гг.;
- давление в центре Исландского минимума за 1891-1991 гг.;
- широта центра Исландского минимума за 1891-1991 гг.;
- долгота центра Исландского минимума за 1891-1991 гг.;
- Северо-Атлантическое колебание – САК (North Atlantic Oscillation – NAO) – разность нормированных аномалий атмосферного давления между Азорскими о-вами и юго-западом Исландии за 1824-1997 гг.;
- ледовитость Баренцева моря за 1899-1997 гг.;
- ледовитость западной части Карского моря за 1928-1995 гг.

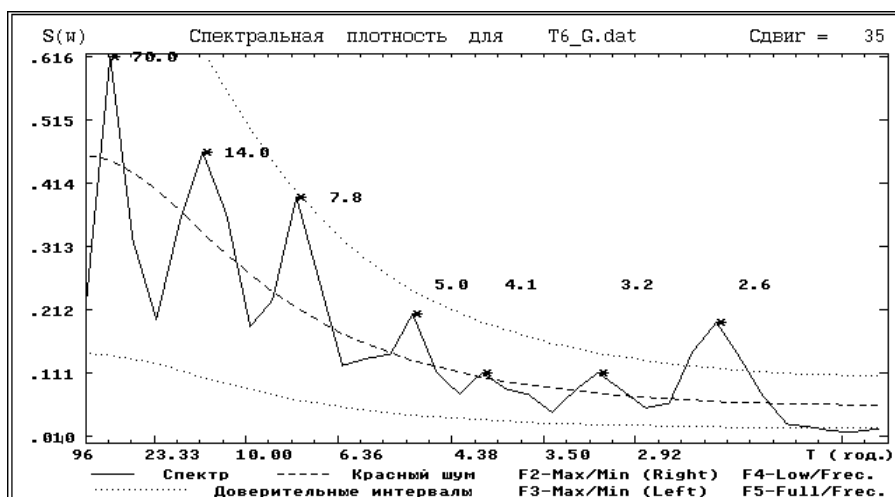
Анализ особенностей внутренней структуры выбранных характеристик проводился с использованием вышеописанного пакета программ (Методические рекомендации по использованию..., 1997). Исследования целесообразно начинать с расчета функций спектральной плотности. Следует отметить, что спектральная структура послойной температуры на разрезе № 6 различна – в верхних слоях (0 и 0-50 м) отсутствует трендовая компонента, наиболее долгопериодной составляющей в данном случае является квазиодиннадцатилетняя (рис.1а). В слоях 150-200 и 0-200 м трендовая компонента достаточно ярко выражена и вносит существенный вклад в общую изменчивость (см. рис.1б). Используя данный результат, в дальнейшем будем оперировать только интегральной характеристикой теплового состояния вод на разрезе (температура воды в слое 0-200 м), которая вбирает в себя все особенности изменчивости (см. рис.1в). Кроме того, длина последнего ряда составляет 97 лет, что существенно больше рядов других значений послойной температуры. Выделение квазипериодических компонент проводилось полосовым тангенсным фильтром Баттерворта переменного порядка, результаты представлены в табл. 4.



а). Слой 0-50 м



б). Слой 150-200 м



в). Слой 0-200 м

Рис.1. Функции спектральной плотности по слоям разреза «Кольский меридиан»

Таблица 4

Вклад квазипериодических составляющих в общую изменчивость, %

Характеристика/ квазипериод	Тренд	Составляющая, лет							Об- щая
		19-17	13-11	8-7	6-5	4	3	2,5	
Температура воздуха на ст. Вардё	23 (100)	-	14	11	15	16		18	97
Температура воды в слое 0-200 м, разрез «Кольский меридиан»	22 (70)	-	22	16	17	-	5	12	93
Давление в центре Исландского минимума	35(60)	-	-	11	11		20	19	96
Широта Исландского минимума	35 (100)	-	9	-	11	12		31	97
Долгота Исландского минимума	19 (30)		7	-	18	11	10	32	97
Ледовитость Баренцева моря	43(80)	20	-	9	9	8	-	7	97
Ледовитость западной части Карского моря	25(70)	6	-	14	14	7	24	6	97
Индекс САК	6(100)	-	13	-	19	14		44	94
Глобальная T_a Северного полушария	70 (100)	-	10	-	9	2		8	99

Таким образом, межгодовой изменчивости T_w на разрезе присущи следующие квазипериодические (КП) составляющие:

- долгопериодная с КП 70 лет;
- квазиодинацатилетняя;
- квазисеми-восьмилетняя;
- квазипяти-шестилетняя;
- квазитрехлетняя;
- квазитридцатимесячная.

Наибольший вклад вносит долгопериодная компонента (22 %), наименьший – КП 3 года (5 %). Все КП-составляющие нестационарны по амплитуде (рис.2). Амплитудная нестационарность у разных составляющих выражена по-разному.

Сопоставляя рисунки, можно заметить, что в определенные моменты времени амплитуды отдельных КП-компонент либо имеют малые величины, либо выражены очень ярко. Несмотря на то, что КП-составляющие описывают не одинаковый процент общей дисперсии, в отдельные моменты времени они могут вносить решающий вклад в формирование итогового значения температуры и определять термические процессы на разрезе. Например, трендовая составляющая (см. рис.2а) в 70-80-е годы находилась в депрессивном состоянии с амплитудой 0,1 °С, а КП 11 лет в этот период находился в максимуме, ее амплитуда достигала 1,2 °С. В последнее

десятилетие в общую изменчивость процесса наибольший вклад вносил КП 8-7 лет, а наименьший – КП 30 мес. Следует отметить, что в последние годы в депрессивном состоянии находились компоненты с квазипериодами 11, 6-5 лет и 30 мес. Трендовая составляющая достигала максимального значения в эти годы. В дальнейшем она проявила тенденцию к понижению.

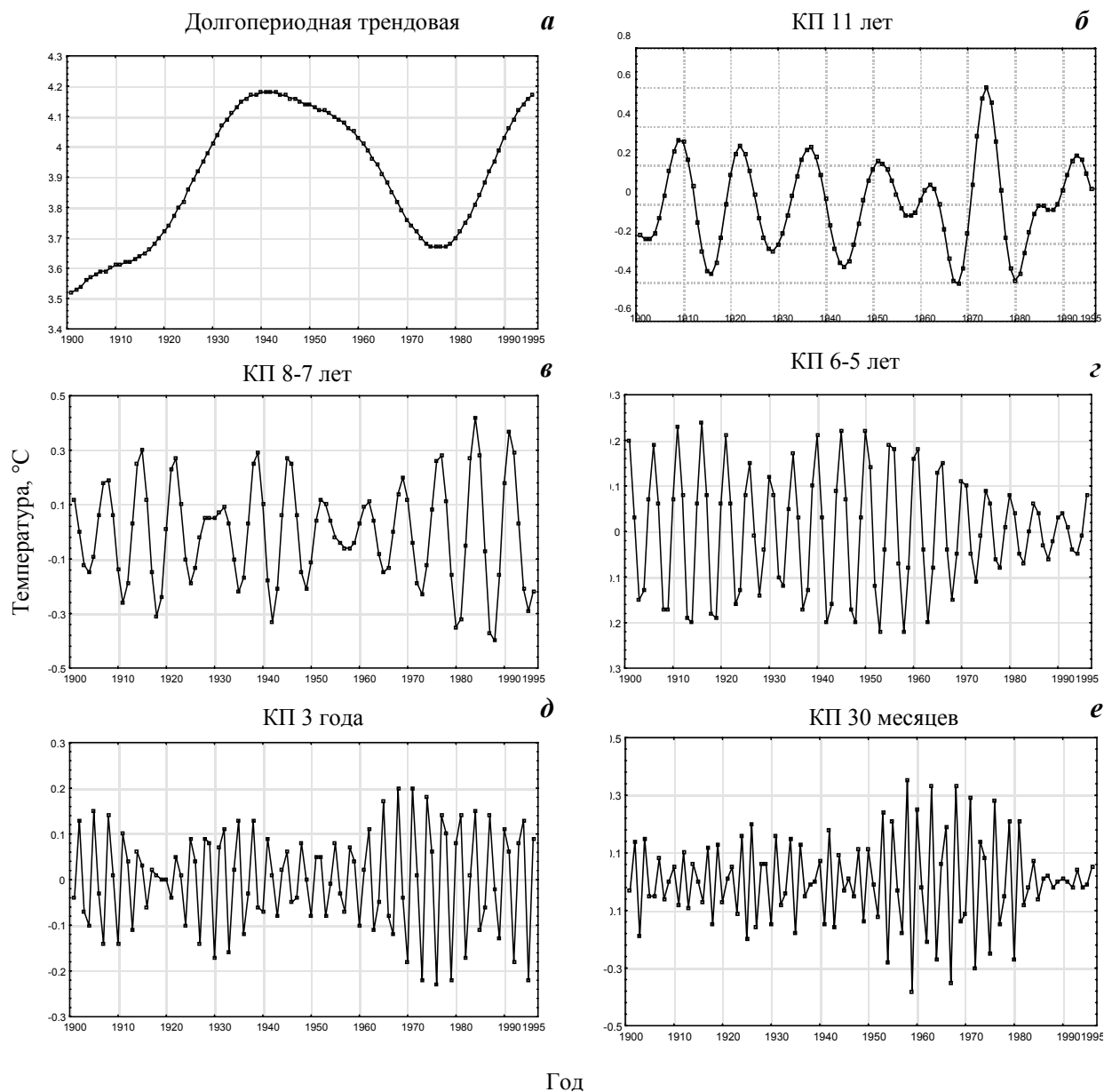


Рис.2. Квазипериодические составляющие температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан»

Таким образом, для полного понимания процессов, формирующих изменчивость термического режима в слое 0-200 м на разрезе № 6,

необходимо учитывать особенности временного хода всех основных квазипериодических составляющих вне зависимости от величины их процентного вклада в общую дисперсию процесса. Опираясь на этот тезис, мы констатируем, что качественный прогноз температуры в слое 0-200 м, может быть выполнен только при учете всего спектра особенностей внутренней структуры ряда, а не отдельных его компонент.

Формирование термического режима на «Кольском меридиане» происходит под влиянием различных факторов, поэтому далее рассмотрим возможные пространственно-временные связи с некоторыми параметрами в сопредельных регионах. Для поиска возможных связей использовался корреляционный анализ, причем мера связи рассчитывалась как по исходным выборкам, так и по отдельным составляющим.

Как видно из табл.4, все характеристики содержат трендовые компоненты с квазипериодами от 30 до 100 лет. Их вклад в общую изменчивость процессов составляет от 20 до 70%. Кроме этого, очень многие характеристики содержат квазиодиннадцатилетний солнечный цикл, вклад которого составляет 9-16 %. Высокочастотные компоненты с КП от 6-5 до 3-2 лет вносят вклад от 4 до 44 %.

Для фонового климатического прогноза наиболее важными представляются долгопериодные составляющие изменчивости температуры воды на «Кольском меридиане» и термических и циркуляционных показателей, выбранных для анализа. Поэтому поиск пространственно-временных связей производился для исходных рядов, наиболее долгопериодной компоненты и квазиодиннадцатилетней составляющей. Коэффициенты связей рассчитаны за период с 1900 по 1990 г. и представлены в табл. 5-7.

Нетрудно заметить, что исходные временные ряды достаточно хорошо коррелируют только в сопредельных районах. Так, температура воды на разрезе №6 достаточно хорошо согласуется с температурой воздуха на станции Вардё (коэффициент корреляции – 0,77) и с ледовитостью Баренцева моря (коэффициент – 0,72).

Долгопериодные (трендовые) колебания T_w на «Кольском меридиане» достаточно хорошо согласованы с T_a на ст. Вардё ($r=0,90$), и ледовитостью Баренцева моря ($r=-0,87$). Кроме того, заметны связи с ледовитостью западной части Карского моря ($r=-0,54$), изменением широты Исландского минимума ($r=-0,48$) и глобальной T_a Северного полушария ($r=0,46$).

Что касается квазиодиннадцатилетней компоненты, то высокий коэффициент корреляции (0,81) отмечается только с аналогичным КП по ст. Вардё.

Таблица 5

Корреляционная матрица исходных рядов исследуемых характеристик

	Вардё	Кольский	P_a Исл.	φ Исл.	λ Исл.	Лед. Баренцева моря	Лед. зап. части Карского моря	Индекс САК	T_a Сев. полушария
Вардё	1,00	0,77	-0,44	0,25	0,16	-0,61	-0,29	0,54	0,07
Кольск.		1,00	-0,22	0,12	0,20	-0,72	-0,39	0,27	0,16
P_a Исл.			1,00	-0,31	0,04	0,02	0,13	-0,62	0,25
φ Исл.				1,00	0,37	0,02	-0,06	0,33	-0,29
λ Исл.					1,00	-0,15	-0,17	0,17	0,12
Ледовит. Баренцева моря						1,00	0,52	-0,09	-0,45
Лед. западной части Карского моря							1,00	-0,15	-0,05
Индекс САК								1,00	-0,16
T_a Сев. полушария									1,00

Таблица 6

Корреляционная матрица долгопериодных трендовых составляющих исследуемых характеристик

	Вардё	Кольский	P_a Исл.	φ Исл.	λ Исл.	Лед. Баренцева моря	Лед. зап. части Карского моря	Индекс САК	T_a Сев. полушария
Вардё	1,00	0,90	0,06	-0,31	0,24	-0,85	-0,53	-0,49	0,57
Кольский		1,00	0,19	-0,48	0,25	-0,87	-0,54	-0,27	0,46
P_a Исл.			1,00	-0,33	0,56	-0,36	0,02	-0,37	0,41
φ Исл.				1,00	0,04	0,51	-0,21	0,34	-0,30
λ Исл.					1,00	-0,42	-0,34	-0,29	0,51
Ледовитость Баренцева моря						1,00	0,90	0,61	-0,80
Лед. западной части Карского моря							1,00	-0,56	-0,55
Индекс САК								1,00	-0,75
T_a Сев. полушария									1,00

Корреляционная матрица составляющих исследуемых характеристик
с квазипериодом 11 лет

	Вардё	Кольский	φ Исл.	λ Исл	Индекс САК	T _a Сев. полушария
Вардё	1,00	0,81	0,05	0,03	0,64	-0,31
Кольский		1,00	0,12	0,14	0,40	-0,08
φ Исл.			1,00	0,29	-0,15	-0,04
λ Исл.				1,00	0,08	0,16
Индекс САК					1,00	-0,47
T _a Сев. полушария						1,00

Прогностические оценки тенденций изменения долгопериодных (трендовых) составляющих, выполненных по МСПГЭ, представлены на рис.3-5. Из графиков видно, что в настоящее время период квазивекового потепления находится в апогее. В ближайшие несколько лет термический фон как в глобальном масштабе (температура Северного полушария), так и в отдельных пунктах (ст. Вардё, разрез «Кольский меридиан»), будет стремиться к понижению и в начале следующего столетия современная тенденция к потеплению изменится на противоположную. Происходить это будет не скачком, а постепенно. Очевидно, что характеристики, прямо или косвенно связанные с термикой (ледовитость, показатели атмосферной циркуляции), также будут стремиться к изменению тенденций.

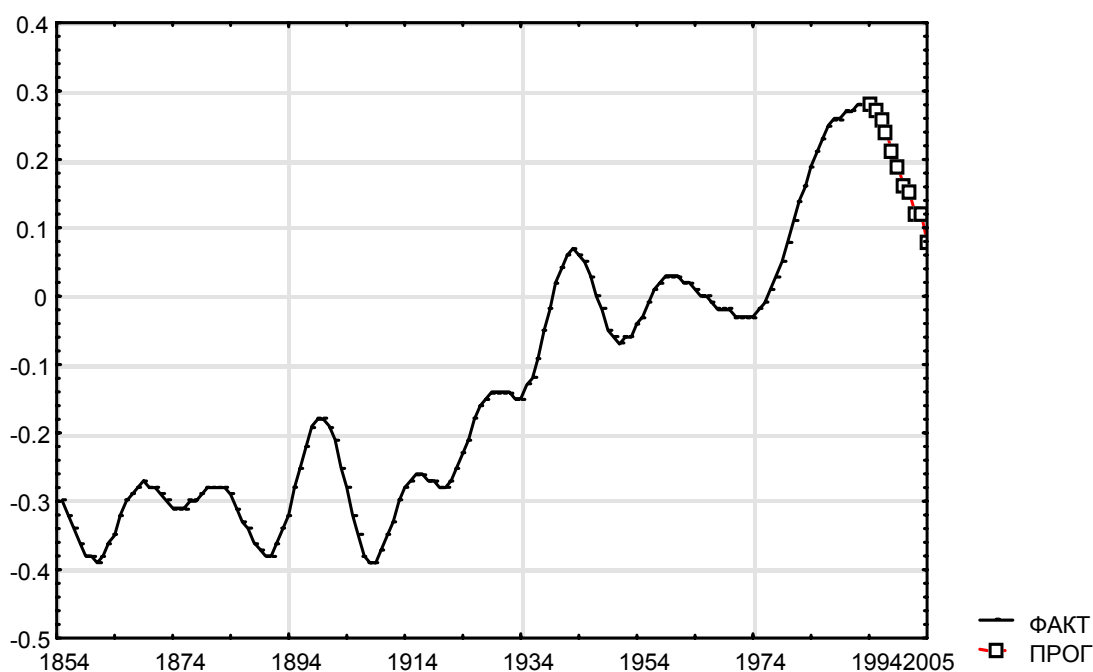


Рис.3. Прогноз тенденции изменения глобальной T_a Северного полушария до 2005 г.

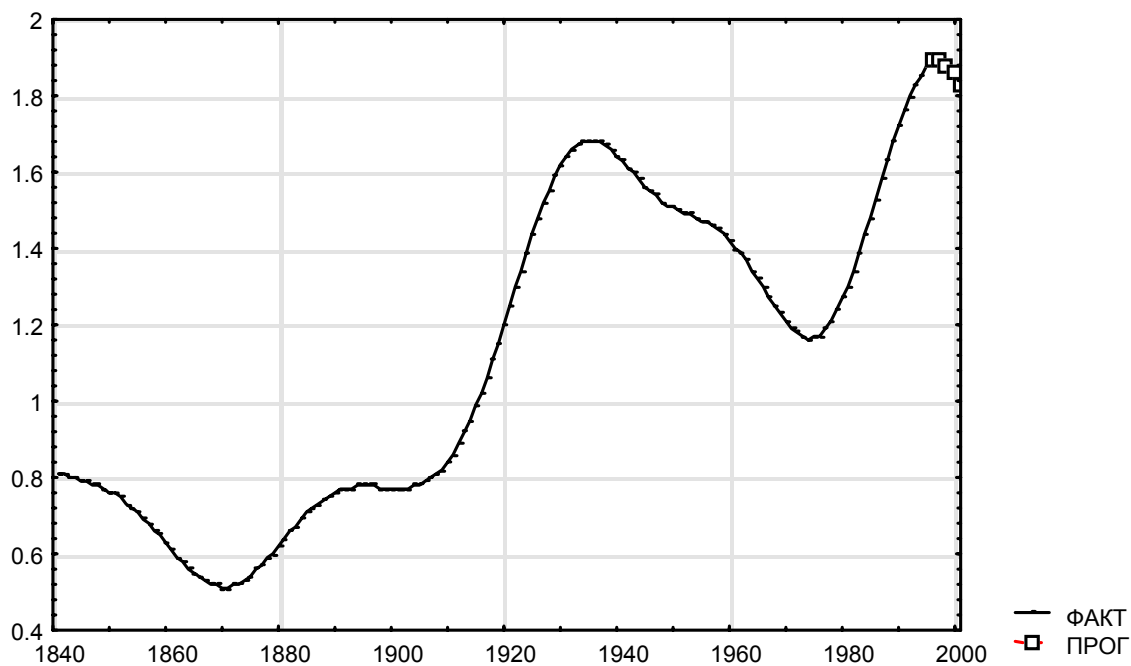


Рис.4. Прогноз трендовой компоненты T_a по ст. Вардё до 2000 г.

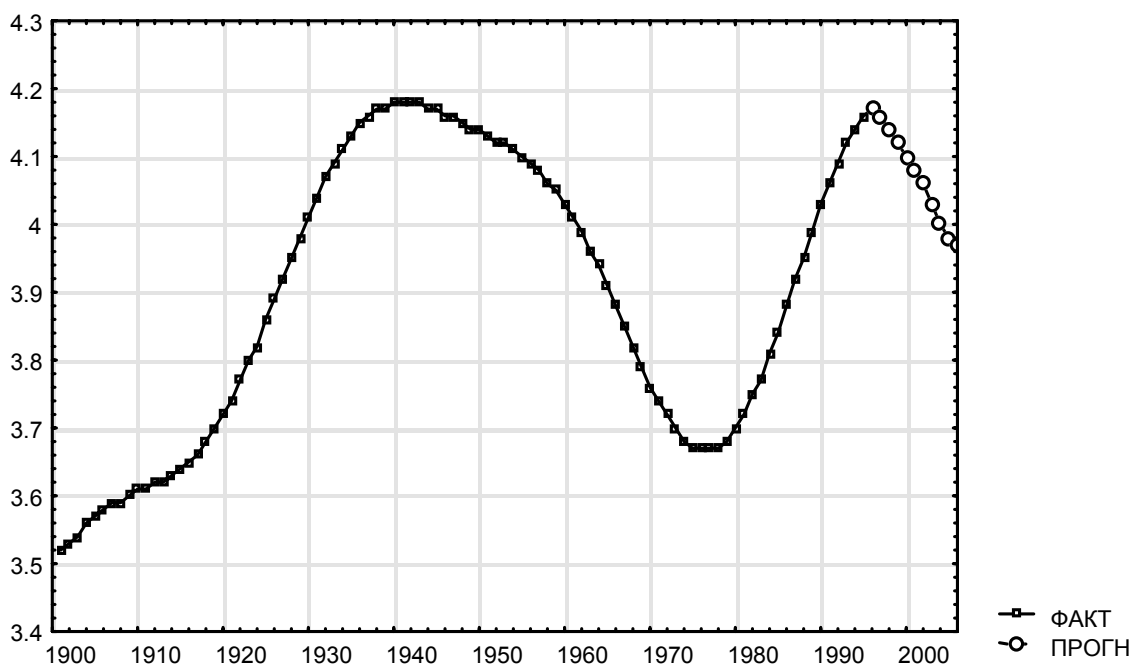


Рис.5. Прогноз трендовой компоненты T_w в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» до 2005 г.

Следует помнить, что это всего лишь оценки тенденции изменения трендов. Как было показано выше, в структурах рядов есть и другие квазипериодические составляющие, вклад которых в общую изменчивость

процесса сравним, а зачастую и превышает роль долгопериодных трендовых компонент (см. табл. 4).

Выводы

Исследования, представленные в настоящей работе, показали, что практически всем природным процессам присущи некоторые основные цикличности: квазидвух-трехлетние, квазисеми-восьмилетние, квазиодиннадцатилетние, квазидвадцатилетние, трендовые, вызванные, по-видимому, общими геофизическими механизмами. Именно благодаря наличию таких близких квазипериодов в самых разных временных рядах, могут наблюдаться отдельные участки временных рядов, когда связи между промысловыми и климатическими показателями, оказываются достаточно тесными.

Поиск корреляционных связей в продолжительных исходных временных рядах показал, что коэффициенты корреляции в подавляющем большинстве случаев не превышают значений 0,5, за исключением показателей, характеризующих термический или барический режим в близких или связанных между собой районах Северного полушария.

Коэффициенты корреляции между соответствующими долгопериодными (трендовыми и квазиодиннадцатилетними) составляющими могут быть достаточно высокими. Это свидетельствует о наличии глобальных связей между термическими, биолого-промысловыми, геофизическими показателями, которые охватывают не только крупные регионы, но и Северное полушарие в целом. Однако эти связи не настолько тесны, чтобы можно было использовать их для прогноза, например, промысловых показателей по климатическим или геофизическим характеристикам. Кроме того, указанные долгопериодные компоненты присутствуют практически во всех рядах, но их вклад далеко не всегда преобладает над вкладами высокочастотных компонент, и в любом случае представляет лишь часть общей изменчивости.

По термическим показателям Северный промысловый район (по крайней мере, в Атлантическом секторе) находится на экстремуме теплового фона, при этом на долгопериодные колебания накладываются высокочастотные компоненты. Следует также иметь в виду, что помимо естественных циклических изменений, определенное влияние на повышение термического фона оказывает урбанизация и антропогенное воздействие (см., например, ряды ледовитости Балтики, температуры воздуха в Санкт-Петербурге, на севере Норвегии) (Аверкиев, Карпова, 1998). Однако анализ специальных исследований древесно-кольцевых хронологий на тест-

полигонах Сибири продолжительностью более 600 лет показал отсутствие сколько-нибудь существенного тренда с квазивековым и более периодом (Колебания климата..., 1988; Ваганов, Шиятов, Мазепа, 1996).

В целом ретроспектива различных временных рядов, в том числе температуры на «Кольском меридиане» свидетельствует, что современные изменения климата укладываются в общую естественную ритмику природных процессов за последние несколько веков, и повышение термического фона последних десятилетий заканчивается.

Список используемой литературы

Аверкиев А.С., Карпова И.П. О долгопериодных изменениях климатических и рыбопромысловых показателей//Тез. докл. 7-й Всерос. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1998. – С.20-23.

Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепа В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. – Новосибирск: Наука, 1996. – С.246.

Карлин Л.Н., Карпова И.П. Влияние адвекции на формирование поля температуры Баренцева моря//Исследование и освоение Мирового океана. – Вып. 65. – 1978. – С. 41-47.

Карпова И.П., Суставов Ю.В., Николаев Д.Л. Использование приемов экстраполяции временных рядов в методах сверхдолгосрочного прогнозирования//Методы расчета и прогноза гидрометеорологических процессов в промысловых районах. – Л.: ЛГМИ. – Вып. 112. – 1989. – С.22-35.

Колебания климата за последнее тысячелетие/Под. ред. Борисенкова Е.П. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – С. 408.

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

Методические рекомендации по прогнозированию температуры воды в Северном рыбопромысловом бассейне. – Мурманск, ПИНРО, 1979. – 173 с.

Методические рекомендации по статистико-вероятностному прогнозированию океанологических характеристик. – Мурманск, ПИНРО, 1989. – 90 с.

Методические рекомендации по использованию метода сверхдолгосрочного прогнозирования гидрометеорологических элементов (МСПГЭ) и программного комплекса «Призма». – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. – 40 с.

Серяков Е.И. О расчете теплового баланса поверхности Баренцева моря по материалам специальных экспедиций//Науч.-технический бюл. ПИНРО. – № 4(8). – 1959а. – С.27-38.

Серяков Е.И. Тепловой баланс поверхности южной части Баренцева моря//Матер. конф. по проблеме взаимодействия атмосферы и гидросферы в северной части Атлантического океана. – Вып.5. – Л., 1959б. – С.33-43.

Серяков Е.И. Долгосрочные прогнозы тепловых процессов в Северной Атлантике. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – С.135.

Сустанов Ю.В. Физико-статистическая модель изменчивости температуры воды Баренцева моря и метод расчета и прогноза ее компонент//Тр./ГОИН. – 1978. – Вып.147. – С.34-44.