

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О СРЕДНЕГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ  
ВОДЫ НА КОЛЬСКОМ МЕРИДИАНЕ ЗА 1922—1944 гг.****Г. Н. ЗАЙЦЕВ**

Исследования последних лет с полной очевидностью показывают, что изменения в ходе гидрологических процессов во времени носят глобальный характер, захватывая сразу большие области. Благодаря этому, при изучении закономерностей в ходе этих процессов оказывается возможным использование в качестве единого индикатора для многих районов единого, достаточно репрезентативного, элемента гидрометеорологического режима. В частности, в качестве такого универсального индикатора нередко используется среднегодовая температура воды слоя 0—200 м на разрезе по Кольскому меридиану от 70°30' до 72°30' с. ш., в дальнейшем для краткости именуемая температурой воды на Кольском меридиане. Эти температуры для 1921—1952 гг. были в свое время вычислены А. А. Зверевым, а за последующие годы вычислялись Полярным институтом (ПИНРО) и Мурманским Управлением гидрометеослужбы, при этом данные за 1921—1940 гг., вычисленные А. А. Зверевым, вызывают в некоторых случаях сомнения.

Наблюдения за температурой воды на Кольском меридиане начаты в 1921 г. и с тех пор (кроме 1941—1944 гг.) ведутся регулярно. Однако точность и частота этих наблюдений в отдельные годы не одинакова. Наиболее надежными являются послевоенные наблюдения. В предвоенные годы дело обстояло менее благополучно. Первое десятилетие, когда наблюдения проводились Мурманской биологической станцией, они выполнялись от 1 до 4 раз в год и за 1921—1929 гг. было выполнено всего 17 разрезов. В следующее десятилетие, после слияния МБС с ГОИНОм (ныне ВНИРО), наблюдения по Кольскому меридиану участились и за 1930—1940 гг. было сделано уже 68 разрезов (табл. 1).

Из-за того что гидрологический режим Баренцева моря был еще мало изучен, избранные сроки проведения разрезов оказались не совсем правильными. За время максимального зимнего охлаждения был принят март и максимального летнего прогрева — август. На основании подобных послевоенных наблюдений оказалось, что эти характерные моменты гидрологического режима наступают на Кольском меридиане на один месяц позже, т. е. в апреле и сентябре (а иногда даже и в октябре). Благодаря такому расхождению оказалось, что за 1921—1940 гг. приходится на апрель всего лишь 6 и на сентябрь 7 разрезов. При этом за все 20 лет только один раз (в 1937 г.) были проведены наблюдения в оба срока и 5 раз только зимой и 6 раз только летом. Таким

Таблица 1

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1921	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—
1922	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1923	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	×	—
1924	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—
1925	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—
1926	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	×
1927	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	×
1928	—	—	×	—	—	×	—	—	×	—	—	×
1929	—	—	×	—	×	—	—	—	×	—	—	×
1930	—	—	×	—	—	×	—	×	×	—	×	×
1931	×	×	×	—	×	—	×	×	—	×	—	—
1932	×	—	—	—	×	—	×	×	—	×	×	—
1933	×	—	—	×	×	×	×	—	—	×	×	—
1934	—	—	×	×	×	×	—	×	×	—	×	×
1935	—	—	—	×	—	—	—	×	×	—	×	×
1936	—	×	—	—	×	×	—	—	×	×	×	×
1937	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1938	—	×	×	×	×	—	×	×	—	×	×	×
1939	—	×	×	×	×	×	—	—	×	×	—	×
1940	—	—	—	—	×	×	×	—	—	—	—	—
Итого	3	6	9	5	13	8	5	10	5	5	7	7

Примечание. Крестик означает, что был сделан разрез.

образом за все рассматриваемые 20 лет только один год оказывается охарактеризованным достаточно надежно. К этому следует добавить еще недостаточно точное местоположение отдельных станций. В некоторых случаях смещение северного конца разреза достигает одного градуса по долготе и двадцати минут по широте. Перечисленные обстоятельства являются большой помехой для правильного и достаточно надежного вычисления среднегодовых температур воды на разрезе. Насколько известно, А. А. Зверевым этот недостаток был обойден следующим образом: на основании всех имевшихся данных им была построена средняя многолетняя кривая годового хода температуры воды на Кольском меридиане и путем сопоставления с этой кривой разрозненных данных за каждый год строилась аналогичная кривая хода температуры для данного года. С последней снимались значения температуры для каждого месяца, а по ним уже вычислялась среднегодовая температура данного года. Отсюда ясно, насколько условной является эта методика при отмеченных недостатках исходных материалов.

До тех пор пока рассчитанные таким путем данные использовались в основном для выявления общего хода изучаемых процессов и для качественных сопоставлений, они удовлетворяли поставленной задаче, хотя уже тогда в отдельных случаях обнаруживались расхождения, свидетельствующие о неполноценности используемых данных. В настоящее время, когда решаются задачи по уточнению полученных ранее зависимостей и совершенствуется методика различных прогнозов, возникает вопрос о проверке и уточнении данных по температуре воды на Кольском меридиане. Методика этой проверки вначале представлялась довольно простой — найдя достаточно надежный критерий в виде длительного ряда наблюдений за каким-либо элементом гидрометеорологического элемента, имеющим хорошую связь с температурой воды на Коль-

ском меридиане, получить по данным 1945—1964 гг. математическое выражение этой зависимости и с его помощью проверить довоенные данные, вызывающие сомнение.

В первую очередь внимание было обращено на норвежские береговые гидрометеорологические станции, ведущие многолетние наблюдения за температурой воды на поверхности моря. Наиболее подходящими для этих целей оказались станции: Инге с координатами  $71^{\circ}04'$  с. ш.  $24^{\circ}09'$  в. д., Анденес —  $69^{\circ}19'$  с. ш.  $16^{\circ}07'$  в. д., Скомвер —  $67^{\circ}25'$  с. ш.  $11^{\circ}53'$  в. д. и Нордаун —  $64^{\circ}48'$  с. ш.  $10^{\circ}33'$  в. д. Как видно из рис. 1,

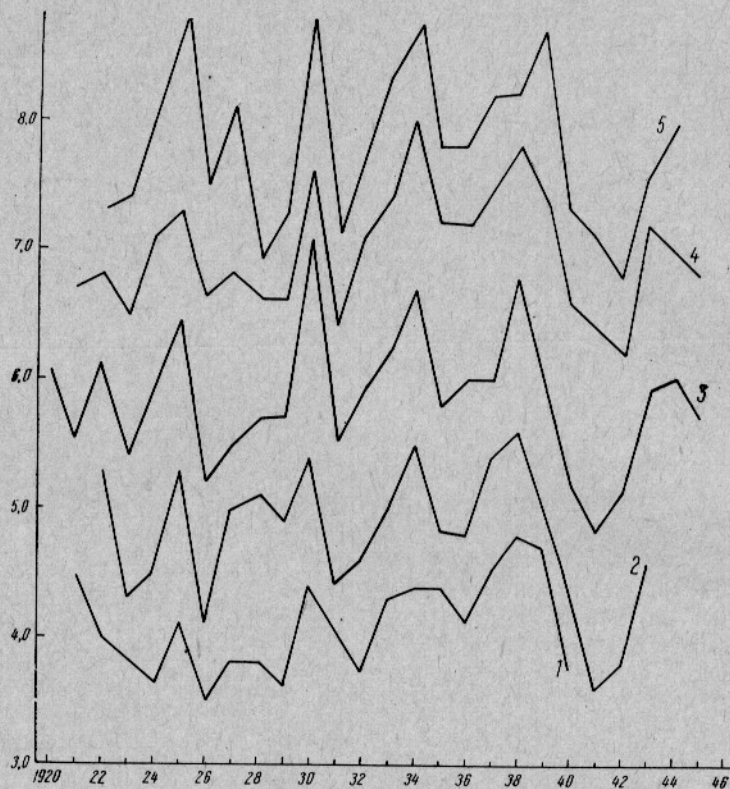


Рис. 1. Многолетний ход среднегодовых температур воды на станциях Нордаун (1), Скомвер (2), Анденес (3), Инге (4) и на Кольском меридиане (5).

многолетний ход температуры воды на поверхности на этих станциях очень хорошо согласуется с ходом температуры воды на Кольском меридиане. Из этих станций ближайшей к Кольскому меридиану является станция Инге. Помимо ежедневных наблюдений за температурой воды на поверхности у берега, на траверсе этой станции в точке с координатами  $71^{\circ}10'$  с. ш.  $24^{\circ}05'$  в. д. с 1936 по 1943 г. проводились ежемесячные наблюдения за температурой воды в открытом море до глубины 200 м. К сожалению, береговые наблюдения на этой станции проводились с января 1922 г. по август 1944 г. Для полного сравнения за все годы до 1960 г. эти наблюдения недостаточны, но все же они оказались полезными для сопоставления годового хода температуры воды на поверхности у норвежского берега и на Кольском меридиане и для корректировки интересующих нас данных за довоенные годы.

На рис. 2 изображен годовой ход температуры воды у станции Инге. Помимо различия в годовых амплитудах температуры, обращает на себя внимание и запаздывание моментов минимума и максимума с увеличением глубины и с продвижением на восток (табл. 2).

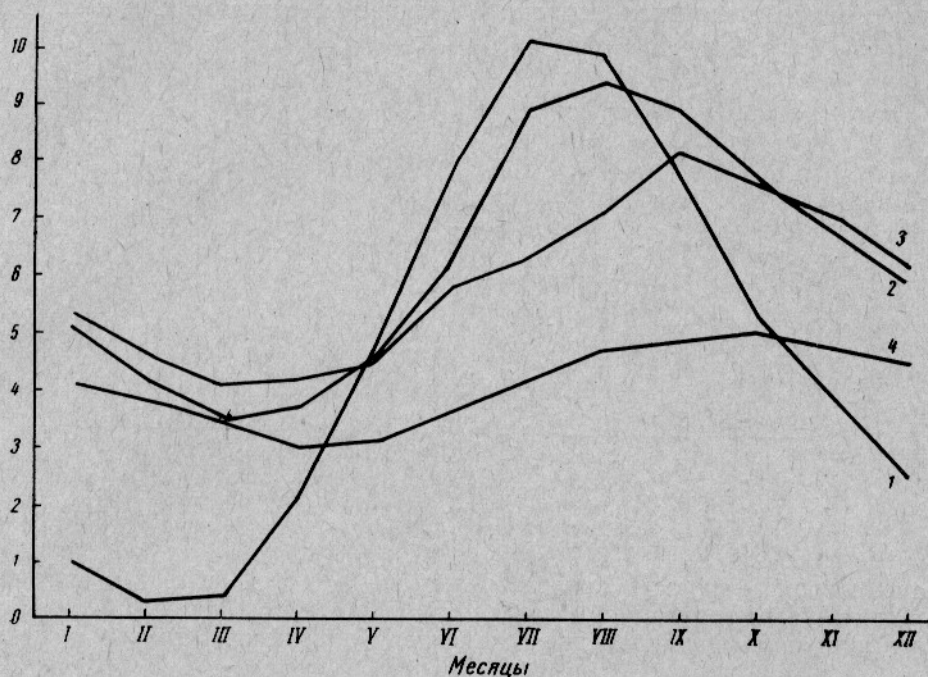


Рис. 2. Годовой ход температуры воды на ст. Инге за 1936—1943 гг.: 1 — у берега; 2 — в море; 3 — в слое 0—200 м у ст. Инге; 4 — на Кольском меридиане.

Таблица 2

Место наблюдений	Наступление		Годовая амплитуда, °С
	минимума	максимума	
Инге — берег 0 м . . . . .	Февраль	Июль	10
Инге — море 0 м . . . . .	Март	Август	6
Инге — море 0—200 м . . . . .	»	Сентябрь	4
Кольский меридиан 0—200 м . . . . .	Апрель	Октябрь	2

Приведенные данные свидетельствуют о двухмесячном запаздывании моментов наступления минимума и максимума на Кольском меридиане по сравнению ст. Инге. На рис. 3 сопоставлены кривые хода среднегодовых температур воды на Кольском меридиане и на ст. Инге и кривая хода температуры воды на поверхности у берега для той же станции, вычисленная со сдвигом на 2 месяца, т. е. с ноября предшествующего года по октябрь данного года включительно. Далее эта величина обозначается как средняя  $XI_{n-1} - X_n$  (см. рис. 3). Ход последней кривой лучше совпадает с ходом кривой для Кольского меридиана. Так как на ст. Инге наблюдений оказалось недостаточно, для дальнейших расчетов были привлечены наблюдения на следующей к западу станции — Анденес. Так же, как и в первом случае, здесь наблюдается двух-

месячный сдвиг моментов наступления минимума и максимума по сравнению с Кольским меридианом. Тесная связь между температурами воды на Кольском меридиане и на ст. Анденес при двухмесячном сдвиге хорошо выявляется, если построить график, взяв их средние многолетние месячные значения попарно с указанным сдвигом, т. е. январь на

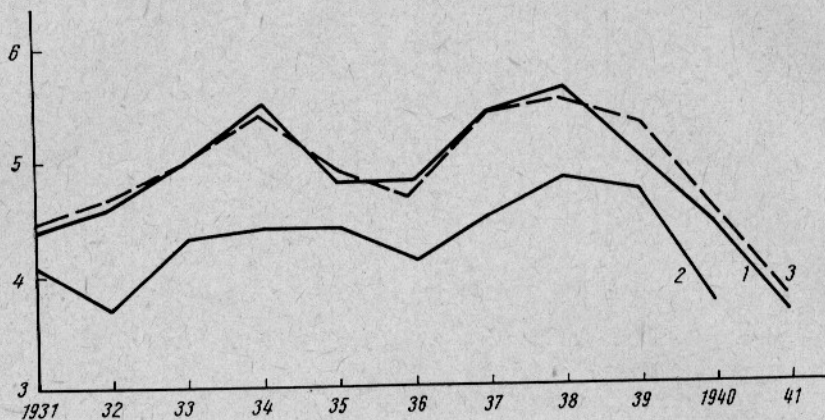


Рис. 3. Многолетний годовой ход температуры воды: 1 — на ст. Инге; 2 — на Кольском меридиане; 3 — на ст. Инге со сдвигом в 2 месяца.

ст. Анденес — март на Кольском меридиане и т. д. (рис. 4). Даже прямолинейная корреляция в этом случае дает коэффициент 0,974. Если же учитывать криволинейный характер зависимости, то эта величина

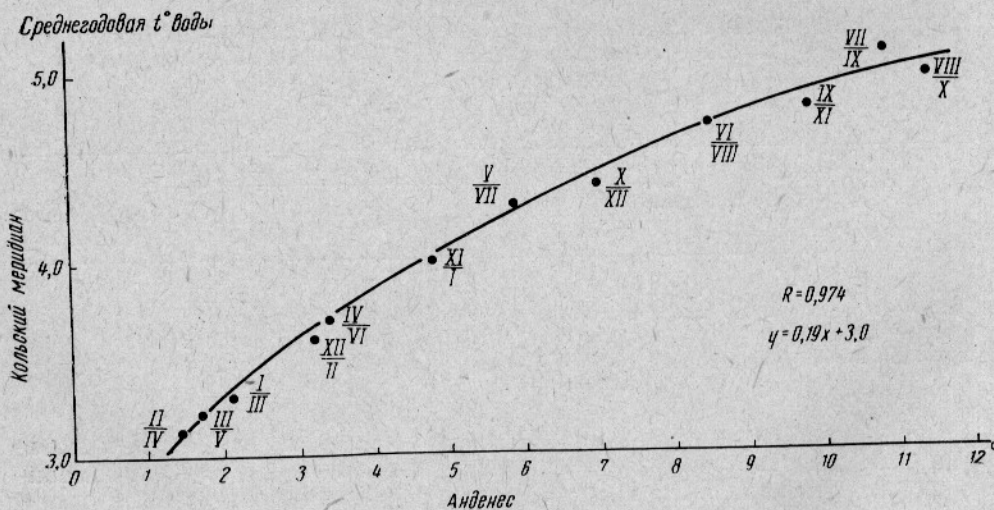


Рис. 4. Связь между многолетними среднемесячными температурами воды на Кольском меридиане и на ст. Анденес с учетом двухмесячного сдвига.

еще больше возрастет. Полученная зависимость, хорошо характеризующая связь между температурой воды на Кольском меридиане и на норвежском побережье в многолетнем разрезе, оказалась не совсем пригодной для практического использования в плане поставленной перед нами задачи. Более обнадеживающим в этом случае оказался график

(рис. 5), построенный по среднегодовым температурам воды на Кольском меридиане и температурам воды на ст. Анденес с указанным двухмесячным сдвигом для послевоенных лет. Беспорядочный, на первый взгляд, разброс точек при внимательном рассмотрении приобретает определенный смысл. Оказывается, все точки на этом графике можно разбить на две группы — в одну из них входят почти исключительно точки, относящиеся к 50-м годам, во вторую — к 40-м годам. Обе эти группы точек располагаются вдоль двух прямых, при этом коэффициент корреляции для первой группы равен 0,96 при уравнении  $y=0,93x$  —

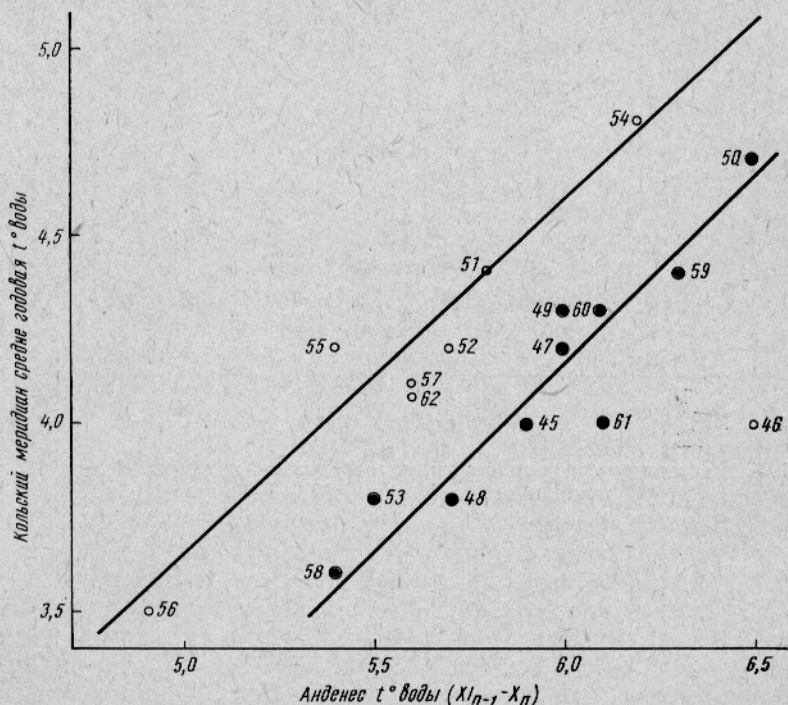


Рис. 5. Связь между среднегодовыми температурами на Кольском меридиане и на ст. Анденес в 1945—1960 гг.

1,0 и  $E = \pm 0,02$  и для второй группы — 0,92 при  $y = 0,88x - 1,2$  и  $E = \pm 0,03$ . Но главное не в этом. Оказывается, распределение точек по этим двум группам довольно хорошо совпадает с «эпохами». А. А. Гирса, выделяемыми им по типу атмосферной циркуляции. При этом 50-е годы являются эпохой с преобладанием атмосферной циркуляции типа E+C, а конец 40-х и начало 60-х годов относятся к эпохе с преобладанием циркуляции типа С. Что касается 1920—1940 гг., то по характеру атмосферной циркуляции этот период относится, по А. А. Гирсу, к двум различным эпохам. Десятилетие (1920—1930 гг.) относится к годам с преобладанием западного типа циркуляции (W), в то время как циркуляция в следующем десятилетии (1930—1940 гг.) характеризуется восточным типом (С). Поэтому и проверку среднегодовых температур воды на Кольском меридиане за эти годы приходится вести в два этапа, проверяя каждое из этих десятилетий отдельно. Для этого можно использовать данные ближайших к Кольскому меридиану станций Инге и Анденес. Правильность этого пути подтверждают рис. 6 и 7, изображающие корреляционные графики для Кольского меридиана и этих

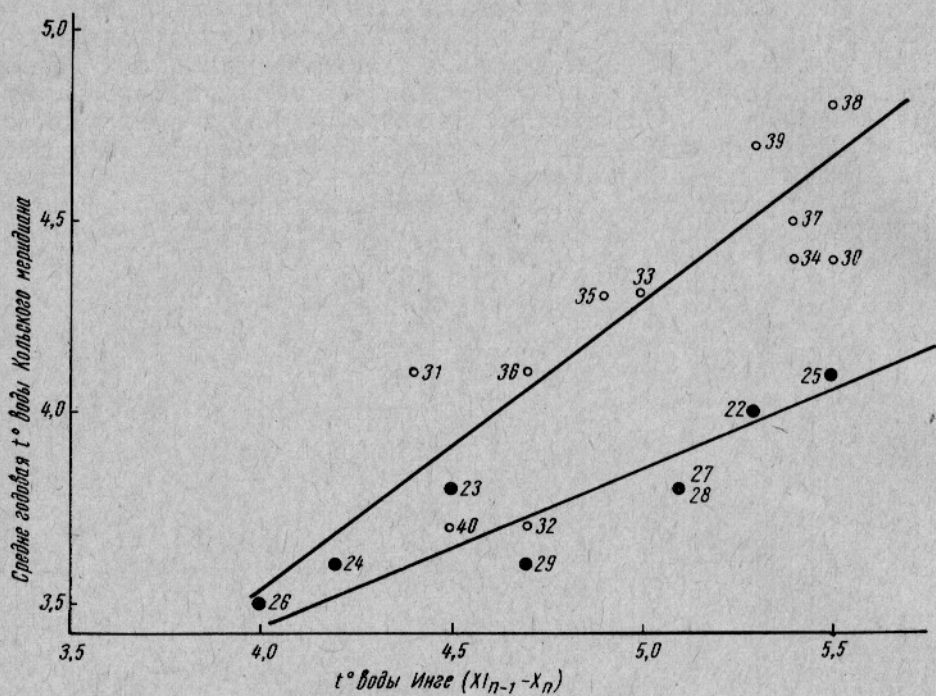


Рис. 6. Связь между среднегодовыми температурами воды на Кольском меридиане и на ст. Инге в 1922—1940 гг.

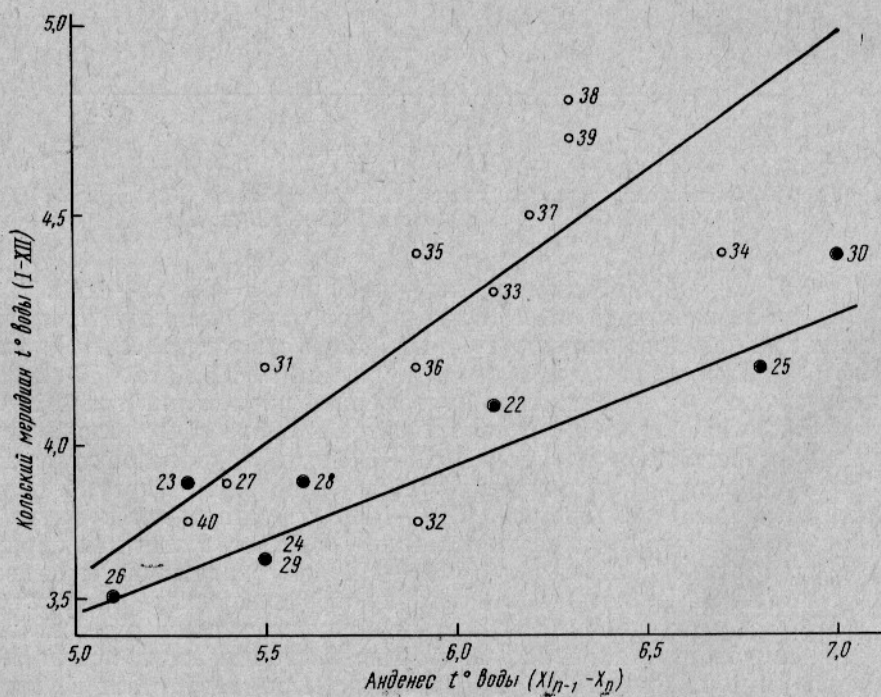


Рис. 7. Связь между среднегодовыми температурами воды на Кольском меридиане и на ст. Анденес в 1920—1940 гг.

станций за 1922—1940 гг., причем последние взяты опять-таки с указанным выше двухмесячным сдвигом по отношению к Кольскому меридиану. Еще более отчетливо, чем при рассмотрении зависимостей в 1945—1960 гг. (см. рис. 5), здесь видно распределение точек по двум группам лет, соответствующим двум различным типам атмосферной циркуляции. Полученные результаты характеризуются следующими математическими зависимостями:

для 1922—1930 гг.

$$r = 0,82; \quad y = 0,43x + 1,7; \quad E = \pm 0,07 \text{ (по Инге);}$$

$$r = 0,92; \quad y = 0,39x + 1,5; \quad E = \pm 0,03 \text{ (по Анденес);}$$

для 1931—1940 гг.

$$r = 0,84; \quad y = 0,76x + 0,5; \quad E = \pm 0,06 \text{ (по Инге);}$$

$$r = 0,73; \quad y = 0,71; \quad E = \pm 0,09 \text{ (по Анденес).}$$

Как видим, уравнения регрессии, вычисленные для обеих станций, весьма сходны. Так как температуры воды на ст. Анденес выше, чем на ст. Инге, то и свободный член и коэффициент при переменной величине в этом случае ниже. В пользу правомерности расчетов отдельно по десятилетиям, помимо рис. 6 и 7, говорит также и то обстоятельство, что аналогичный коэффициент корреляции, вычисленный по тем же данным, но для всего двадцатилетнего ряда, оказывается значительно ниже. Так, для Инге он составляет всего лишь 0,60 при  $E = \pm 0,10$ , т. е. находится на грани приемлемого.

Переходим к заключительной части работы — изложению полученных результатов. При помощи приведенных двух пар уравнений были заново вычислены среднегодовые температуры воды на Кольском меридиане за 1922—1940 гг. и из полученных двух рядов взяты средние. Эти величины и предлагаются как среднегодовые температуры воды на Кольском меридиане в слое 0—200 м. Отметим, что А. А. Зверевым были рассчитаны температуры с точностью до  $0,01^\circ$ . Нам кажется, что малочисленность исходного материала и точность использованной методики вряд ли позволяют считать возможной такую скрупулезную точность расчетов. Со своей стороны мы полагаем, что для рассмотренного ряда лет с учетом всего изложенного выше можно ограничиться точностью расчетов до  $0,1^\circ$ . В случае необходимости, однако, пользуясь приведенными уравнениями, полученные результаты всегда можно пересчитать с точностью до второго знака.

К данной работе примыкает и проверка восстановленных Ю. А. Бочковым данных за 1941—1944 гг., пропущенных в связи с военными действиями. Пользуясь теми же данными по ст. Инге, Ю. А. Бочков расчислил по ним предполагаемую среднесезонную температуру воды на Кольском меридиане за 90 лет (с 1871 по 1961 г.) и среднемесячные и среднегодовые температуры воды на этом же разрезе за 1941—1944 гг. Используя полученные зависимости, была сделана попытка восстановить пропущенные военные годы. Несмотря на то что Ю. А. Бочковым и нами были использованы одни и те же материалы, полученные результаты довольно сильно расходятся. Основной и, пожалуй, единственной причиной этого расхождения является то обстоятельство, что Ю. А. Бочковым все имевшиеся данные были объединены и с помощью норвежских данных были вычислен один, общий для всего большого ряда лет коэффициент корреляции и соответствующее ему уравнение регрессии. Нами уже было показано, как влияет различие



в характере атмосферной циркуляции на характер зависимостей между температурами воды на Кольском меридиане и на норвежском побережье. Особенно сильное различие между результатами Ю. А. Бочкова и нашими относится к 1942 и 1943 гг. Тут наблюдается различие не только в абсолютных величинах, но и в знаке изменения температуры от одного года к другому. Ведь на всех станциях норвежского побережья с учетом двухмесячного сдвига в 1942 г. наблюдается минимум температуры, более глубокий, чем все бывшие до этого за все истекшие 20 лет. По Ю. А. Бочкову, минимум приходится на 1941 г. и по своей величине он почти не превышает минимумы прежних лет. Правда, если сравнивать среднегодовые температуры на норвежских станциях за ка-

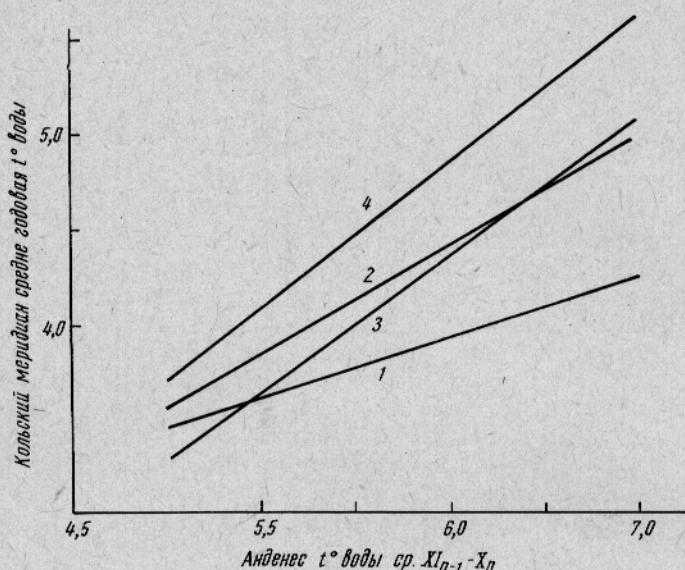


Рис. 8. Связь между среднегодовыми температурами воды на Кольском меридиане и на ст. Анденес в зависимости от типа атмосферной циркуляции:

1 — 1922—1930 гг. (тип W); 2 — 1931—1940 гг. (E); 3 — 1941—1950 гг. (C); 4 — 1951—1960 гг. (C+E).

лендарные 1941 и 1942 гг., то средняя для 4-х указанных станций за 1941 г. составляет  $5,4^{\circ}$  против  $5,5^{\circ}$  для 1942 г. Если же брать температуры с двухмесячным сдвигом, необходимость которого обоснована выше, то эти температуры будут соответственно равны  $5,6$  и  $5,3^{\circ}$ . Замечание же относительно абсолютной величины минимума остается и тут в силе. Далее в своей работе Ю. А. Бочков пишет, что эта работа выполнена им, не вскрывая физической сущности явления, тем не менее, отмечая дальше сдвиг фаз годового хода температуры воды (принимаемого им равным только одному месяцу), он объясняет это близостью ст. Инге к берегу, что приводит якобы к более раннему весеннему прогреву и к более раннему зимнему охлаждению. На наш взгляд, это не совсем так и сдвиг фаз происходит потому, что для Инге определяющим является радиационный фактор, от которого зависит температура воды на мелководье у берега; а на Кольском меридиане в удалении на 150—200 миль от берега в двухсотметровом слое воды преобладает влияние адвекции. Каждый из этих факторов имеет свой годовой ход. Сдвиг фаз, как это видно из рис. 2—4 и из изложенного выше, равен не одному, а двум месяцам. Подтверждает сказанное также и рис. 8, на котором

приведены прямые, соответствующие использованным нами уравнениям регрессии. Из этого рисунка видно, что при одних и тех же примерно значениях температуры воды у норвежского побережья значения температуры воды на Кольском меридиане различны. Выше уже было сказано, что для норвежского побережья преобладающим является радиационный фактор, а для Кольского меридиана фактор адвекции. В первом случае роль атмосферной циркуляции в формировании температурного режима воды меньше, чем во втором. Кроме того, следует учитывать, что при меридиональных типах переноса воздушных масс адвекция тепла, переносимого водами Гольфстрима, выше. Следовательно, в этих случаях и температура воды на Кольском меридиане

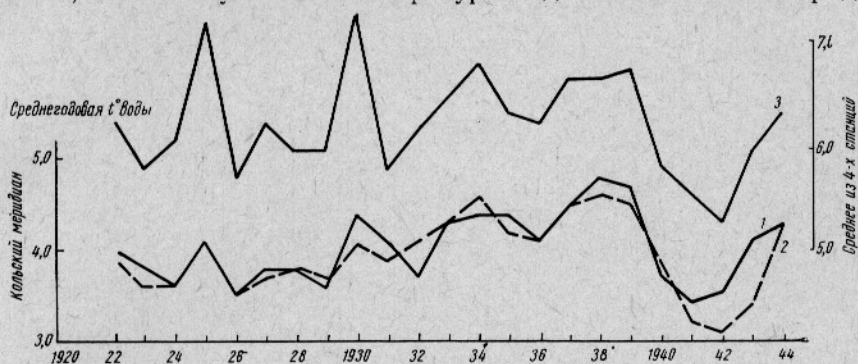


Рис. 9. Среднегодовые температуры воды на Кольском меридиане: 1 — по А. А. Звереву и Ю. А. Бочкову; 2 — по Г. Н. Зайцеву; 3 — средние для 4-х норвежских станций со сдвигом в 2 месяца.

будет повышаться сильнее, чем на береговых станциях. Рис. 9, с одной стороны, подтверждает наши возражения Ю. А. Бочкову, а с другой стороны, еще раз показывает правильность нашего приема расчетов отдельно по эпохам.

Ошибочным является и указание Ю. А. Бочкова о том, что для ст. Инге имеется фактический материал за 1871—1945 гг. Полные данные для этой станции имеются только за 1922—1943 гг. Правда, Е. Фрогнер приводит в своей работе для ст. Инге среднюю многолетнюю температуру воды на поверхности для 1871—1945 гг., но вычислена она им по данным других станций с длинными рядами наблюдений. Следовательно, вычисленная Ю. А. Бочковым по Инге средняя многолетняя температура для Кольского меридиана является уже «второй производной» от каких-то других, более южных станций. Наши расчеты показали, что даже при удовлетворительных связях данных по Кольскому меридиану с данными береговых норвежских станций введение каких-либо промежуточных звеньев резко снижает точность получаемых результатов. Поэтому, по нашему мнению, к средней многолетней за 90 лет для Кольского меридиана, вычисленной Ю. А. Бочковым по «теоретическому» Инге, пока следует относиться осторожно.

В табл. 3 и на рис. 9 даны рассчитанные А. А. Зверевым для 1921—1940 гг. и Ю. А. Бочковым для 1941—1944 гг. среднегодовые температуры воды на Кольском меридиане в сопоставлении с аналогичными температурами, рассчитанными нами.

Из изложенного материала видно, насколько трудной является задача, казалось бы, несложной проверки данных наблюдений за прошлые годы. Следующим этапом этой работы должен быть пересчет среднемесячных температур для Кольского меридиана для того же ряда

Таблица 3

## Температура воды на Кольском меридиане, °С

Год	По Инге	По Анденес	Среднее	По А. А. Звереву*
1921	—	—	—	4,5
1922	4,0	3,9	3,9	4,0
1923	3,6	3,7	3,6	3,8
1924	3,5	3,7	3,6	3,6
1925	4,1	4,1	4,1	4,1
1926	3,4	3,5	3,5	3,5
1927	3,9	3,6	3,7	3,8
1928	3,9	3,7	3,8	3,8
1929	3,7	3,7	3,7	3,6
1930	4,1	4,2	4,1	4,4
1931	3,8	3,9	3,9	4,1
1932	4,1	4,2	4,1	3,7
1933	4,3	4,3	4,3	4,3
1934	4,6	4,7	4,6	4,4
1935	4,2	4,2	4,2	4,4
1936	4,1	4,2	4,1	4,1
1937	4,6	4,4	4,5	4,5
1938	4,7	4,5	4,6	4,8
1939	4,5	4,5	4,5	4,7
1940	3,9	3,8	3,8	3,7
1941	—	3,2	—	3,4
1942	—	3,1	—	3,5
1943	—	3,4	—	4,1
1944	—	4,3	—	4,3

\* 1941—1944 гг. по Ю. А. Бочкову.

лет. Учитывая еще большую малочисленность материалов, эта задача становится еще трудней.

## ВЫВОДЫ

Используемые в настоящее время океанологами многолетние данные по температуре воды на разрезе по Кольскому меридиану в части, касающейся довоенных лет, не могут считаться удовлетворительными из-за малочисленности исходных данных и несовершенства примененной при расчетах методики, положенных в основу расчетов.

Путем сопоставления подробных послевоенных наблюдений на Кольском меридиане с данными по температуре воды на поверхности на 4-х норвежских береговых станциях автором констатировано двухмесячное запаздывание в наступлении характерных моментов температурного режима на Кольском меридиане по сравнению с температурой воды на поверхности у норвежского побережья.

С учетом этого запаздывания связь между температурами воды на Кольском меридиане и на норвежском побережье характеризуется высоким коэффициентом корреляции, достигающим до 0,90—0,92, что позволяет использовать данные этих станций для корректировки данных по Кольскому меридиану.

Одновременно автором установлено, что при подобных расчетах следует учитывать характер атмосферной циркуляции, ибо оказалось, что при меридиональном характере переноса воздушных масс на севере Атлантики температура воды на Кольском меридиане возрастает относительно быстрее, чем на поверхности воды у норвежского побережья.

С учетом изложенного автором были пересчитаны среднегодовые температуры воды на Кольском меридиане за 1922—1940 гг. и рассчитаны среднегодовые температуры на том же разрезе за пропущенные военные 1941—1944 гг.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бочков Ю. А. Среднеголетняя температура воды разреза по Кольскому меридиану за период 90 лет (1871—1961 гг.) для слоя 0—200 м. Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Вып. II. Мурманск, 1964.
- Бочков Ю. А. О многолетних изменениях термики южной части Баренцева моря. Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Вып. IV, 1964.
- Валерианова М. А. Повторяемость барических полей над Северной Атлантикой. Труды ЛГМИ. Вып. 10. Л., 1961.
- Кондратович К. В. О сопоставлении среднемесячных значений гидрометеорологических элементов и их аномалий с типами атмосферной циркуляции Г. Я. Вангенгейма. Труды ЛГМИ. Вып. 17. Л., 1964.
- Frogner E. Means and extremes of sea temperatures by the Norwegian Coast. Geofysiske Publikasjoner. Vol. XI, № 3. Oslo, 1948.