

# Изменчивость климата Баренцева моря

Канд. геогр. наук, доцент В.Д. Бойцов – ФГУП «ПИНРО»

Каждый природный регион Земли имеет присущие ему особенности климата, которые характеризуются в каждый из сезонов года определенными значениями средней многолетней температуры воздуха, осадков, скорости ветра и других метеорологических факторов. Климат морских акваторий, кроме того, определяется температурой и соленостью воды, скоростью течений и некоторыми другими океанографическими параметрами, осредненными за несколько десятилетий. Таким образом, локальный климат морей и океанов зависит от физических условий атмосферы и их вод, а в полярных районах – еще и от масс морских льдов и ледников суши. Эти три компонента климатической системы интенсивно взаимодействуют между собой так, что изменения одной из них влияют на ее другие элементы (*Климатология/ Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В. и др. Л.: Гидрометеоиздат, 1989. 568 с.*).

Климат на нашей планете в прошлом всегда испытывал значительные и нерегулярные колебания, когда ледниковые периоды сменялись тропическими условиями. Эти изменения имели как глобальный, так и региональный пространственные масштабы (*Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата// «Метеорология и гидрология», 2004, № 4. С. 5–18; Кондратьев К.Я. Неопределенности данных наблюдений и численного моделирования климата// «Метеорология и гидрология», 2004, № 4. С. 93–119*). Гидрометеорологический режим любой акватории в многолетнем плане может меняться под влиянием внешних и внутренних причин. Внешнее воздействие оказывают астрономические (процессы на Солнце; взаимное расположение планет; многолетний лунный прилив) и геофизические (нута́ция земной оси, вызывающая «полюсной» прилив, изменения мгновенной скорости вращения

Земли и др.) явления. Группу внутренних факторов составляют изменения циркуляции воздушных и водных масс, состава атмосферы, поверхности суши. Последние две причины могут оказывать большое локальное влияние на климат при значительном возрастании антропогенной и техногенной деятельности человека.

Наиболее чувствительной к изменчивости окружающей среды является природа морей Северного Ледовитого океана и прилегающих районов суши (*Кондратьев К.Я. Арктическая окружающая среда. 1. Концептуальные аспекты// «Известия Русского географического общества», 2002. Вып. 5. С. 1–10; Alekseev G. V. Arctic climate dynamics in the global environment. World Clim. Res. Progr.// World Meteorol. Org. Geneva. 1998, № 908. P. 11–14*). Исследования показали, что на региональном уровне наиболее сильное влияние внешних и внутренних факторов на климат наблюдается в районах перехода от одного климатического пояса к другому, где амплитуда колебаний основных климатообразующих факторов значительно больше, чем в других районах (*Бардин М.Ю. Изменчивость температуры воздуха над западными территориями России и сопредельными странами в XX в.// «Метеорология и гидрология», 2002, № 8. С. 5–22; Пененко В.В., Цветова Е.А. Главные факторы климатической системы глобального и регионального масштабов и их применение в экологических исследованиях// «Оптика атмосферы и океана», 2003. Т. 16, № 5–6. С. 407–414*).

Баренцево море как раз является одним из них, поскольку расположено между двумя океаническими системами: теплой Атлантикой и холодной Арктикой. Здесь воды системы Гольфстрим отдают свое тепло настолько интенсивно, что зимой температура на некоторых участках моря становится отрицательной. Кроме адвекции тепла течениями на акваторию Баренцева моря циклонами выносятся теплый и влажный воздух Северной Атлантики. Эти два процесса во многом определяют климат региона. Поэтому какие-либо значительные изменения в их динамике могут приводить к долговременным аномальным ситуациям в режиме погоды и климатического фона. Что же происходит с климатом в районе Баренцева моря в настоящее время и каким он был в недалеком прошлом?

Для исследования структуры межгодовой изменчивости одного из важнейших климатических параметров, каким является температура воздуха в районах Северной Атлантики и Северо-Европейского бассейна, были проанализированы наиболее длительные ряды наблюдений (не менее 100 лет), характеризующие ее динамику от архипелага Новой Земли на востоке – до побережья Северной Америки на западе. Анализ этих данных показал наличие в изменчивости температуры воздуха положительного тренда (*рис. 1*). С 1840 по 2004 г. в районе Варде (Северная Норвегия) он вносил около 20 % в изменчивость этого параметра. Температура за 164 года здесь возросла на 1,4° С, что в среднем составляет 0,09° С за каждые 10 лет. В Нью-Йорке температура



воздуха за этот период увеличилась на 0,7° С. В течение прошлого столетия ее рост составил в этих районах 0,9 и 0,4° С соответственно. Это показывает, что существуют пространственные различия в скорости повышения температуры воздушных масс. Для сравнения: в течение прошлого столетия средняя глобальная температура приземного воздуха на Земле увеличилась на 0,6±0,2° С (Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата// «Метеорология и гидрология», 2004, № 4. С. 5–18).

Трендовые изменения температуры воздуха в Северной Атлантике и в Северо-Европейском бассейне, по-видимому, представляют собой проявление межвекового ритма. В ее колебаниях за 1840 – 2004 гг. можно выделить два временных интервала, которые различаются величиной среднего теплового фона. Это хорошо прослеживается по изменению интегральных кривых температуры воздуха. Переход от одного периода к другому происходит при смене отрицательного тренда интегральных кривых на положительный. У побережья Норвегии (метеостанции Бодо и Варде) и на юго-западе Гренландии (Готхоб) с 1840 г. до окончания второго десятилетия XX в. средняя температура воздуха была ниже, чем в последующий период. В этих районах она увеличилась на 0,7–0,9 и на 1° С соответственно (рис. 2). Анализ межгодовой изменчивости температуры воздуха в различных районах Северной Атлантики и Северо-Европейского бассейна (по данным за вторую половину XIX и XX столетия) показал, что в конце 1910-х – начале 1920-х годов, по-видимому, климатическая система атмосферы перешла в новую межвековую фазу с более высоким тепловым фоном.

Для сравнительного анализа структуры колебаний температуры воздуха в различные по тепловому уровню фазы для каждой из двух выборок данных метеостанции Варде (1840 – 1919 и 1920 – 2004 гг.) были рассчитаны тренды. Результаты показали отсутствие линейной тенденции в каждый из этих периодов продолжительностью около 80 лет (рис. 3). Если в целом для всего периода наблюдений существовала нестационарность первого центрального момента, то ее нет в изменчивости температуры воздуха в каждом из двух выделенных диапазонов. Кроме различий в величине средней температуры воздуха для 1840 – 1919 и 1920 – 2004 гг. было установлено наличие неоднородности спектральной структуры колебаний. В течение первого временного диапазона доминирующую роль играли короткопериодные составляющие, тогда как в последующий период наибольший вклад в изменчивость вносили квазициклические компоненты низкочастотной части спектра.

Для оценки динамики климата Баренцева моря необходимо учитывать состояние атмосферы, гидросферы и криосферы. В отличие от многих других бассейнов, для этого района имеются длительные (более 100 лет) данные наблюдений за параметрами, с помощью которых можно оценить состав долгопериодных составляющих его колебаний. Как и в изменчивости температуры воздуха, в межгодовых вариациях температуры воды Мурманского течения и ледовитости Баренцева моря также выделяются два периода, которые имеют различия среднееголетних значений этих параметров (рис. 4). Отсюда следует, что все три элемента, характеризующие тепловое состояние атмосферы, моря и его ледовитость, имеют близкую структуру долгопериодных вариаций. Поэтому для более надежной оценки климатических колебаний в Баренцевом море может служить показатель, который учитывает суммарную изменчивость этих основных климатообразующих факторов. Для каждого года он рассчитывался по следующей формуле:

$$K = \sum (T_a - \bar{T}_a) / \sigma_{T_a} + (T_w - \bar{T}_w) / \sigma_{T_w} + (L - \bar{L}) / \sigma_L,$$

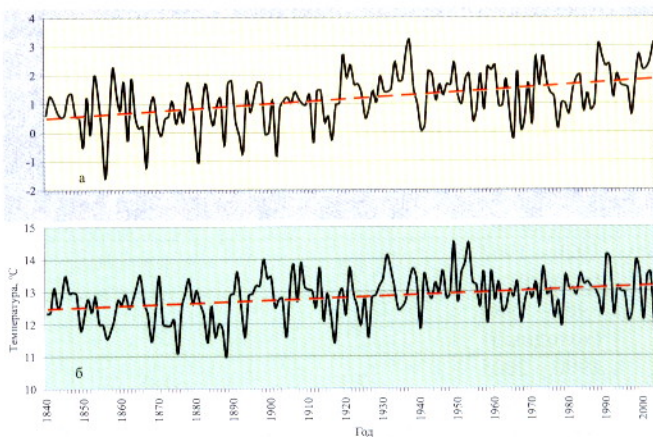


Рис. 1. Изменения среднегодовой температуры воздуха в районе Варде (а), в Нью-Йорке (б) и линейный тренд (красный пунктир)

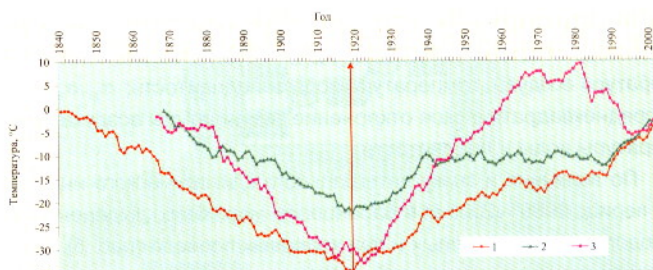


Рис. 2. Интегральные кривые температуры воздуха – по данным наблюдений на метеостанциях Варде (1), Бодо (2) и Готхоб (3)



Рис. 3. Колебания температуры воздуха в Варде в 1840 – 1919 (1) и 1920 – 2004 гг. (2)

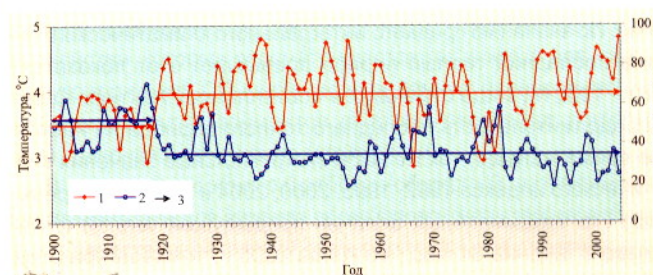


Рис. 4. Изменчивость среднегодовой температуры воды в слое 0–200 м Мурманского течения на разрезе «Кольский меридиан» (1); ледовитости Баренцева моря в мае – августе (2) и их средние значения для 1900 – 1919 и 1920 – 2004 гг. (линии со стрелками)

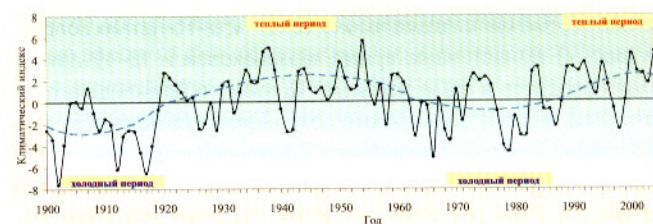


Рис. 5. Межгодовые изменения климатического индекса Баренцева моря

Средние значения климатического индекса и климатообразующих факторов Баренцева моря в холодные и теплые периоды 1900 – 2005 гг.

Период, годы	Показатель			Экстремальные годы	
	Климатический индекс	Температура воздуха, °С	Температура воды, °С		Ледовитость, %
1900 – 1919 (холодный)	-2,7	-2,5	3,6	49	1902, 1912, 1917
1920 – 1962 (теплый)	1,2	-1,2	4,1	34	1943, 1944, 1950, 1954
1963 – 1989 (холодный)	-0,3	-1,9	3,7	39	1978, 1979, 1981, 1982, 1984
1990 – 2005 (теплый)	2,1	-1,0	4,2	28	1992, 1995, 2000, 2004, 2005

где  $K$  – климатический индекс;  $T_a, T_w, L$  – фактическая среднегодовая температура воздуха в районах Варде, Канин Нос и Малые Кармакулы, среднегодовая температура воды и ледовитость моря соответственно;  $T_a, T_w, L$  – средняя многолетняя температура воздуха, температура воды и ледовитость;  $\sigma_{T_a}, \sigma_{T_w}, \sigma_L$  – среднеквадратическое отклонение температуры воздуха, температуры воды и ледовитости.

По величине и знаку интегрального климатического индекса за период 1900 – 2005 гг. в Баренцевом море было выделено два продолжительных теплых и два холодных периода (рис. 5). В течение первых двух десятилетий XX в. наблюдались повышенная ледовитость, низкая температура воздуха и воды. Только в 1907 г. климатический индекс имел положительное значение. Очень суровые условия отмечены в 1902, 1912 и 1917 гг. (таблица). В этот период наблюдалось уменьшение частоты выхода глубоких атлантических циклонов на Баренцево море (Вительс Л.А. Синоптическая метеорология и гелиогеофизика. Избранные труды. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 255 с.). В течение последующих почти 40 лет в целом преобладал повышенный уровень теплозапаса воздушных и водных масс. В этот период только в течение 8 лет (19%) климатический индекс имел отрицательную величину. Средняя температура воздуха в эти годы была более чем в 2 раза выше, а средняя температура воды повысилась на 0,5°С относительно предыдущей холодной климатической фазы.

После 1988 г. в Баренцевом море наступил новый теплый период. Только в 1997 – 1998 гг. произошло локальное похолодание. По значению среднего интегрального климатического индекса последний теплый период превышает этот показатель 1920 – 1950 гг., когда отмечалось «потепление» Арктики. Однако продолжительность последнего теплого периода на настоящее время меньше, так же как и экстремальные значения климатического индекса 1992, 1995, 2000, 2004 и 2005 гг. не превышают его максимальных величин предыдущей теплой фазы. Однако в течение 84 мес., до конца 2005 г., температура воды была больше нормы, в отдельные месяцы значительно превышая ее (рис. 6).

Кроме квазивекового цикла в изменчивости климатического индекса Баренцева моря были выделены ритмические колебания меньшей длительности. Повышенная энергия спектральной плотности отмечается в диапазоне 15–17- и 8–10-летних колебаний (рис. 7). В настоящее время квазивековой и 15–17-летний ритмы находятся в фазе подъема. Поэтому в ближайшие годы достаточно высока вероятность сохранения повышенного теплового фона и низкой ледовитости Баренцева моря.

Таким образом, в настоящее время климатическая система акватории Баренцева моря находится в теплой фазе развития. По-видимому, она испытывает естественные колебания, когда сменяют друг друга достаточно длительные периоды с различ-

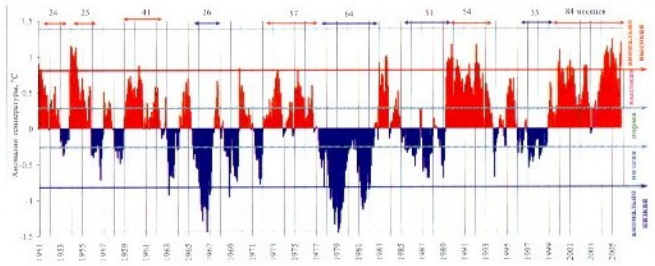


Рис. 6. Изменения среднемесячных аномалий температуры воды в слое 0–200 м на 3–7-й станциях разреза «Кольский меридиан» в 1951 – 2005 гг. (Сверху показаны границы периодов и количество месяцев с положительными и отрицательными аномалиями температуры воды)

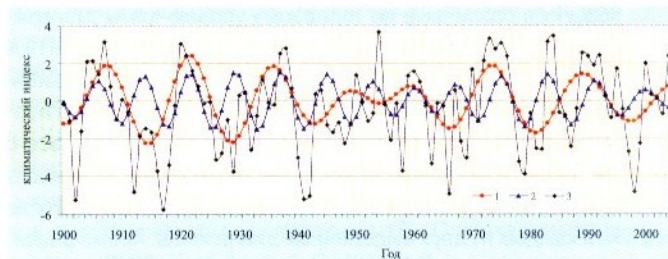


Рис. 7. Межгодовая изменчивость 15–17- (1) и 8–10-летней (2) составляющих без квазивекового цикла климатического индекса Баренцева моря (3)

ным уровнем теплового состояния водных и воздушных масс, а антропогенные явления лишь способствуют усилению или ослаблению природных тенденций.

**Boitsov V.D.**

**Climatic variations in the Barents Sea**

The author analyses the frequency structure of long-term fluctuations of the air temperature, water temperature and ice coverage of the Barents Sea in the 20<sup>th</sup> – early 21<sup>st</sup>. Two time periods (1900-1919 and 1920-the present time) were singled out, which differ in the level of the thermal background and ice conditions. An integral index accounting thermal conditions of atmosphere and hydrosphere, as well as level of the sea ice coverage, is proposed as an indicator of the Barents Sea climate variability. By the value and sign of the index, two warm and two cold periods were determined.

In the interannual variability of the climate index, there are a quasi-centennial rhythm and 15-17 and 8-10-years cycles. At present, long-term components of the climate index fluctuations are at the phase of increase that apparently determines a high level of thermal content of the Barents Sea waters.