

Е.К. Ульянец, С.И. Мاستрюков, Н.В. Червякова, А.И. Угрюмов

**ОЦЕНКА СЕЗОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ
КЛИМАТА В СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОМ РЕГИОНЕ**

E.K. Ulyanets, S.I. Mastriukov, N.V. Chervyakova, A.I. Ugriumov

**ESTIMATION OF SEASONAL PECULIARITIES OF CLIMATE
CHANGES IN THE NORTH-EUROPEAN REGION**

Представлены результаты анализа климатических изменений температуры воздуха, осадков, облачности и градиента давления по данным инструментальных наблюдений на метеорологических станциях Северной Европы. Выявлены существенная пространственная неоднородность и сезонная зависимость климатических изменений. Обсуждены возможные причины сезонной зависимости наблюдаемых климатических изменений.

Ключевые слова: температура воздуха, осадки, облачность, градиент давления, сезонная зависимость.

The results of analysis of climatic changes of the air temperature, precipitation, cloudiness and pressure gradient obtained using the instrumental observations at the meteorological stations of North Europe are presented. A substantial spatial inhomogeneity and seasonal peculiarities of climatic changes are revealed. The possible reasons for the seasonal dependence of observed climatic changes are discussed.

Key words: temperature, precipitation, cloudiness and pressure gradient, seasonal dependence.

Введение

Проблема глобального потепления климата из категории научных уже перешла в категорию социально-экономических и политических. Об озабоченности мирового сообщества этой проблемой свидетельствует принятие Рамочной конвенции ООН по изменению климата (1992 г.) и подписание Киотского протокола к ней (1997 г.).

В 2007 г. Всемирной метеорологической организацией был рассмотрен и принят четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменениям климата (МГЭИК) [IPCC, 2007].

В докладе проанализировано изменение климата в глобальном масштабе. Оценка изменений приведена либо по всему Северному/Южному полушарию, либо по обширным районам: континентам, широтным зонам.

В частности, в докладе отмечено, что в течение XX столетия:

– средняя глобальная температура у поверхности земли выросла на $0,6 \pm 0,2$ °С;

– средний уровень моря повысился на 0,17 м;

– площадь снежного покрова сократилась примерно на 10 %;

– количество атмосферных осадков увеличилось на востоке Северной и Южной Америк, в Северной Европе и в Северной и Центральной Азии и, на-

оборот, на Средиземном море, в Южной Африке и Южной Азии количество осадков уменьшилось;

– значимого усиления циклонической активности не было выявлено.

Также в докладе МГЭИК проанализированы и причины, способные вызвать глобальное потепление. В частности, отмечено:

– по спутниковым наблюдениям значимого изменения потока солнечной радиации не выявлено;

– концентрация углекислого газа за столетие возросла на 30 %, причем в последние 10 лет скорость увеличения концентрации CO_2 достигла 1,9 % в год;

– существенно увеличилась концентрация других парниковых газов (метан, закись азота) и малых газовых компонент, имеющих парниковые свойства.

Как в цитируемом докладе [IPCC, 2007], так и в большинстве известных нам работ, например, [Груза, 2004; Груза, 1981; Ефимова, 2004; Израэль, 2001; Лямзина, 2005], проводится анализ состояния климата в глобальном масштабе, без детализации по отдельным районам или с недостаточной детализацией. Действительно, термин глобальное потепление многими трактуется как повсеместное. В действительности глобальные изменения климата являются суммой региональных его колебаний. Только изучив особенности изменений климатического режима отдельных океанов, материков и их крупных частей, можно будет составить достоверную картину глобальных изменений.

В связи с этим в настоящей работе проведена оценка современных тенденций изменения климата в региональном масштабе в Северо-Европейском бассейне и в Северной Европе.

Массив метеорологических данных

В качестве основных исходных данных использован массив многолетних инструментальных метеорологических наблюдений за период с 1890 по 2001–2002 гг., подготовленный под эгидой метеорологических служб стран Северной Европы (Финляндия, Швеция, Норвегия, Дания, Исландия). В этом массиве [Heikki, 2001] содержатся данные наблюдений за 12-ю характеристиками климатического режима примерно по 100 гидрометстанциям Северной Европы, а также на корабле погоды "М" (Норвежское море). Схема расположения станций, использованных для анализа, приведена на рис. 1.

На станциях Ян-Майен и Медвежий наблюдения выполнены начиная с 1921 г., на Шпицбергене – с 1911 г., на корабле погоды "М" (КП – «М») – с 1949 г.

Предварительный контроль качества временных рядов выполнялся путем выбраковки данных, выходящих за пределы 3-х средних квадратических отклонений, а также путем сличения данных на соседних станциях между собой. Имеющиеся пропуски данных не превысили 1 % и были заполнены средними значениями за весь период наблюдений на станции.

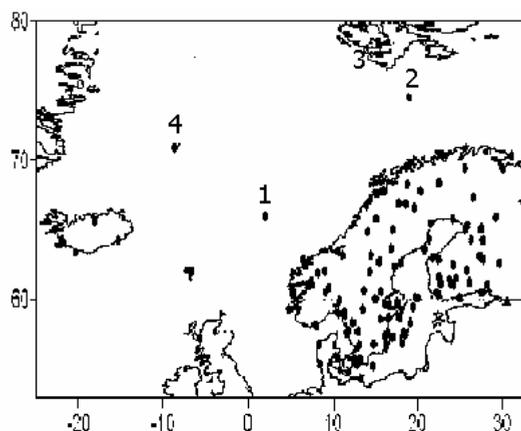


Рис. 1. Схема расположения метеостанций Северной Европы, данные которых использованы для оценки климатических изменений.

1 – Медвежий, 2 – корабль погоды “М”, 3 – Шпицберген (Svalbard Lufthavn), 4 – Ян-Майен

Методы обработки и статистического анализа

Методика обработки исходной информации определялась, исходя из конкретных целей исследований. Для оценки временной изменчивости исследуемых рядов были построены линейные тренды с применением регрессионного анализа. Для этого методом наименьших квадратов [Пановский, 1972] рассчитывались коэффициенты уравнения линейной регрессии вида:

$$Y = ai + b, \quad (1)$$

где a – коэффициент линейной зависимости; b – свободный член; i – номер года, который изменяется от 1 до n (n – длина временного ряда).

Далее с применением корреляционного анализа были выявлены взаимосвязи между исследуемыми параметрами, что позволило получить количественные оценки связи сопоставляемых величин и определить их статистическую значимость. Надежным критерием для выявления реальных статистических зависимостей является коэффициент корреляции. Для оценки наличия линейной связи двух переменных рассчитывался коэффициент линейной корреляции (r_{xy}) по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy}}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (2)$$

где $x = x_i - \bar{x}$; $y = y_i - \bar{y}$ – аномалии переменных двух рядов выборок – года и значения параметра; σ_x, σ_y – соответственно средние квадратические отклонения двух рядов переменных x и y .

Оценка величины тренда производилась путем расчета коэффициента корреляции (r) между номером года (i) и параметром (температура, осадки).

Для оценки статистической значимости тренда использовался критерий Фишера [Пановский, 1972]:

$$a \leq \left| \frac{z}{\sigma_z} \right|, \quad (3)$$

где a – функция принятого уровня значимости (α); z – соотношение Фишера, связанное логарифмическим отношением с коэффициентом корреляции (r):

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}; \quad (4)$$

σ_z – средняя квадратическая ошибка величины z , которая рассчитывается исходя из гипотезы о несвязности временной последовательности по формуле:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}, \quad (5)$$

здесь n – длина выборки.

Значение параметра a выбирается из таблиц распределения интеграла вероятности:

$$\Phi(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\alpha} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (6)$$

в зависимости от принимаемого уровня значимости. Мы проводили оценку статистической значимости полученных трендов при 5 %-ном ($\alpha = 2,0$) и 10 %-ном ($\alpha = 1,65$) уровнях значимости.

Анализ изменения среднегодовых параметров

По результатам расчета линейных трендов метеорологических параметров были построены картосхемы скорости изменения этих параметров. На рис. 2 приведены картосхемы линейных трендов среднегодовой температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}/100$ лет) и среднегодового количества осадков ($\text{мм}/100$ лет), рассчитанные за последние 100, 40 и 20 лет.

Отметим, что чем меньше период, по которому выявлена тенденция, тем менее значим результат. Для временных рядов 1890–2001 гг. и 1960–2001 гг., доверительная вероятность полученных значений линейного тренда превышает 90 %, для оценок тренда за последние 20 лет прошлого столетия доверительная вероятность в среднем около 80 %. Поэтому экстраполяция тенденций, полученных за непродолжительный период времени, как правило, приводит к ошибочным результатам. Вместе с тем, такой подход зачастую используется в качестве наиболее неблагоприятного сценария развития событий.

Как видно из рис. 2, a , за период инструментальных наблюдений (с 1890 г.) среднегодовая температура воздуха в Норвегии, Швеции, Финляндии и на Северо-западе России выросла на 0,7–1,0 $^{\circ}\text{C}$. Изменение температуры воздуха в южной части Баренцева моря так же составило примерно 1 $^{\circ}\text{C}$, что соответ-

вует изменениям температуры поверхности воды в этом районе [Лямзина, 2005]. В Исландии и Дании температура воздуха выросла на 0,6 °С, на Шпицбергене – на 1,5 °С. Наименьшее увеличение среднегодовой температуры воздуха отмечается в южной части Норвежского моря, где оно составило 0,2–0,5 °С.

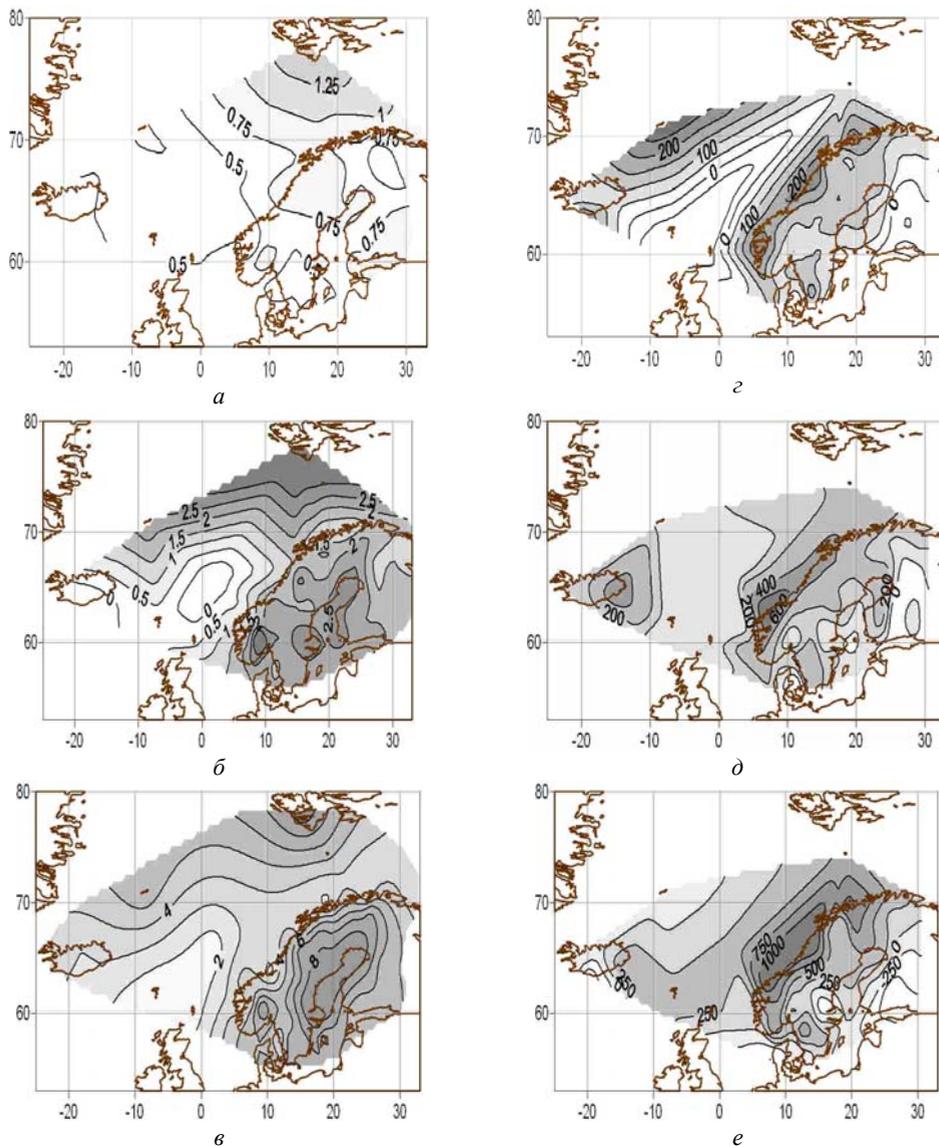


Рис. 2. Скорость изменения температуры воздуха (°С/100 лет) по данным наблюдений с 1890 по 2001 г. (а), с 1960 по 2001 г. (б), с 1980 по 2001 г. (в), а также скорость изменения годового количества осадков (мм/100 лет) по данным наблюдений с 1890 по 2001 г. (г), с 1960 по 2001 г. (д), с 1980 по 2001 г. (е)

Скорость изменения средней годовой температуры воздуха за последние 40 лет (рис. 2, б) для скандинавских стран достигла значения 2–3 °С/100 лет, для Шпицбергена – 4 °С/100 лет. В то же время для южной части Норвежского моря и Исландии она не изменилась и даже уменьшилась до 0–0,5 °С/100 лет.

За последние 20 лет (рис. 2, в) скорость изменения температуры воздуха увеличилась еще более значительно, достигнув 8 °С/100 лет в районе Шпицбергена и Скандинавии. Наименьшая скорость роста температуры воздуха отмечена по оси Норвежского течения, где она составляет 2 °С/100 лет.

Впечатляет изменение количества осадков за столетие (рис. 2, г). На побережье Норвегии, а также в районе о-ва Ян-Майен, количество осадков за последние 100 лет выросло на 20–30 % (100–200 мм). В центральной части Норвежского моря, в Финляндии и на северо-западе России количество осадков за 110 лет не увеличилось и даже несколько уменьшилось.

За период с 1960 по 2001 г. скорость увеличения количества осадков на побережье Норвегии и в целом в Скандинавии возросла почти в 2 раза (рис. 2, д). Еще быстрее – до 100 мм/10 лет количество осадков на побережье Норвегии увеличивалось в период 1980–2001 гг. (рис. 2, е). В этот же период на юге Финляндии и на северо-западе России, напротив, количество осадков стало уменьшаться со скоростью до 30 мм/10 лет.

Дополнительно исследована изменчивость количества общей облачности за те же периоды. Изменения количества облачности в рассматриваемом районе за период инструментальных наблюдений оказались статистически незначимыми.

Для Северной Европы выявлена высокая степень когерентности изменений температуры, что позволяет судить о климатических изменениях в регионе по данным отдельных станций. Так, в качестве примера на рис. 3 приведен сглаженный с периодом осреднения 11 лет ход отклонения среднегодовой температуры воздуха от нормы (1890–2002 гг.) на станции Хельсинки.

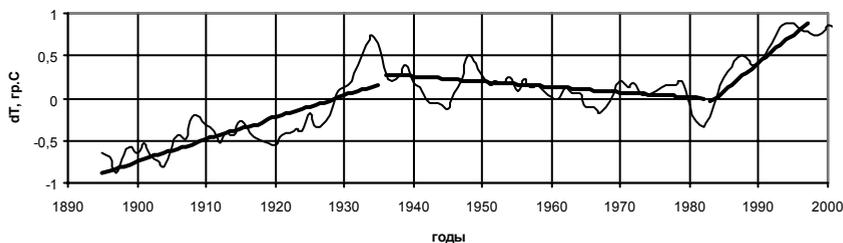


Рис. 3. Сглаженный с периодом 11 лет ход отклонения среднегодовой температуры воздуха от нормы (1890–2002 гг.) на станции Хельсинки

В районе Финского залива потепление, начавшееся в конце XIX века, продолжалось примерно 40 лет – до 1935 г., за этот период средняя годовая температура выросла примерно на 1,0 °С. С 1936 по 1983 г. (46 лет) отмечалась тенденция слабого уменьшения температуры, за этот временной интервал средне-

годовая температура понизилась примерно на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Современный период потепления начался примерно с 1983 г. С 1983 по 2002 г. средняя температура выросла примерно на $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Согласно Докладу МГЭИК [IPCC, 2007], в целом по Северному полушарию потепление отмечалось в периоды с 1910 по 1945 г., с 1946 по 1975 г. – похолодание и с 1976 по настоящее время – потепление. То есть интервалы периодов потепления и похолодания в глобальном и региональном масштабах несколько отличаются.

Рассмотрим характер изменения годового количества осадков в двух характерных районах – на побережье Норвегии и в районе Финского залива. На рис. 4 приведен сглаженный с периодом 11 лет ход годового количества осадков на станциях Хельсинки и Тромсе.

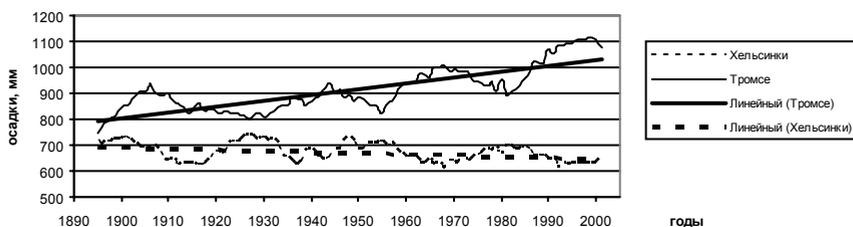


Рис. 4. Годовой ход количества осадков на станциях Хельсинки и Тромсе, сглаженный с периодом 11 лет, и его аппроксимация линиями линейной регрессии

В многолетнем ходе количества осадков обращает на себя внимание цикличность с периодом 25–30 лет, а также то обстоятельство, что колебания годового количества осадков на выбранных станциях происходят в противофазе и не связаны непосредственно с характером изменения температуры. При этом, как уже отмечалось, среднегодовое количество осадков на побережье Норвегии существенно (на четверть) увеличилось, а в районе Финского залива несколько уменьшилось (на 7 %).

По результатам обработки выявлено значительное усиление западного переноса воздушных масс (рост градиента давления в широтном направлении на фоне роста температуры воздуха).

Анализ изменений сезонного хода метеопараметров

Исходя из результатов анализа среднегодовых значений метеопараметров, было принято решение проанализировать среднемесячные значения температуры и сумм осадков. Были построены климатические тренды, статистическую значимость которых также оценивали с помощью теста Фишера.

В табл. 1–4 приведены коэффициенты трендов для 8 станций, построенные по температуре и осадкам для двух временных интервалов. Из таблиц видно, что 80–90 % полученных трендов статистически значимы. В табл. 1–4 — значения с доверительной вероятностью 90%

Таблица 1

**Скорость линейного изменения температуры (°С/100 лет) с 1890 г.
и оценка ее статистической значимости**

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	-0,71	0,17	1,27	0,43	1,73	2,0	1,43	1,13	0,7	0,74	-0,13	-0,3
Хельсинки	1,29	1,44	1,93	1,45	1,27	1,27	0,25	0,97	0,8	0,98	0,74	1,03
Торсхавн	0,59	0,35	1,04	-0,17	0,93	0,21	0,1	0,84	0,56	0,89	0,4	0
Оулу	-0,59	0,69	2,14	0,85	1,53	1,37	0,28	0,65	0,13	0,55	-0,8	-0,4
Транебьерг	0,67	0,45	0,56	0,78	0,86	0,49	0,53	1,46	0,81	1,13	0,64	0,34
Вестманнаэйяр	0,68	0,96	0,66	0,24	0,16	-0,53	-0,57	0,14	0,2	0,73	0,59	0,47

Таблица 2

**Скорость линейного изменения температуры (°С/100 лет) с 1980 г.
и оценка ее статистической значимости**

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	13,34	-5,49	-0,38	-6,4	-8,4	6,31	-0,4	1,81	6,02	2,51	9,47	8,36
Хельсинки	22,86	15,35	10,87	6,0	-1,84	3,24	5,39	8,03	4,03	-4,3	-0,97	-3,1
Торсхавн	8,88	-6,21	-0,97	-3,9	-0,89	-3,7	-2,0	2,07	4,44	8,02	6,02	2,15
Оулу	48,87	22,48	28,14	-0,64	-8,33	1,74	-7,7	11,1	-4,95	-11,4	-18,3	29,26
Транебьерг	13,75	17,19	7,93	6,94	3,12	-1,11	6,16	9,52	5,05	4,11	0,46	0,73
Вестманнаэйяр	8,54	-9,98	2,14	1,04	3,38	7,7	2,62	4,22	6,54	7,85	6,11	6,98
Шпицбегрен	19,56	2,47	9,38	1,1	0,1	4,76	2,9	5,67	10,54	7,05	21,73	23,89
Ян-Майен	7,79	0,48	0,47	2,07	2,14	4,21	3,79	6,14	9,88	9,66	11,57	12,62

Таблица 3

**Скорость линейного изменения количества осадков (мм/100 лет) с 1890 г.
и оценка ее статистической значимости**

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	49,9	20,66	11,09	20,93	11,91	1,76	17,73	30,98	-11,5	37,2	4,29	50,3
Хельсинки	-11,9	-11,2	-12,1	-2	-18,4	-0,33	9,07	-3,67	-6,67	4,03	0,27	-4,07
Торсхавн	-27,6	-30,1	15,03	-8,71	-17,2	4,16	5,02	-4,06	0,54	11,63	-32,9	-19,0
Хапарандо	10,64	11,7	15,99	5,29	7,73	12,08	16,47	81,07	0,26	0,61	15,33	13,7
Транебьерг	6,41	2,27	2,6	-1,86	-2,19	12,78	-13,6	-21,7	17,27	-5,2	0,93	0,89
Вестманнаэйяр	-3,28	18,24	28,53	5,81	27,91	26,05	16,47	81,07	-17,1	15,13	22,88	6,69

Таблица 4

**Скорость линейного изменения количества осадков (мм/100 лет) с 1980 г.
и оценка ее статистической значимости**

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	231,6	101,8	213,1	69,98	134,4	-13,2	58,81	303	102,9	66,01	-11,8	-45,9
Хельсинки	27,77	137,0	-54,8	43,58	-84,8	-10,3	-0,3	-165	-165	-126	-41,9	-217
Торсхавн	121,2	333,8	-61,0	31,06	4,32	178,2	-29,1	38,9	-150	77,88	62,44	-260
Хапарандо	-0,59	0,69	2,14	0,85	1,53	1,37	0,28	0,65	0,13	0,55	-0,8	-0,4
Транебьерг	-18,9	101	28,49	75,99	-42,9	37,06	-196	-66,9	68,85	-116	2,24	-7,85
Вестманнаэйяр	-317	-320	-174	-453	-73,5	78,08	-75,8	-135	192	-85,2	9,35	159
Шпицбегрен	-12,6	-98,4	-63,2	-52,6	-12,5	-16,5	18,97	-108	27,93	-32,5	53,2	95,29
Ян-Майен	-39,4	-48,9	39,7	-124	31,29	-9,55	-98,2	90,49	87,96	-98,1	-50,3	-78,8

Анализ полученных коэффициентов трендов показывает значительное усиление тенденций изменения климата за последние 20 лет как для температуры, так и для осадков, при этом статистическая значимость этих изменений так же велика, как и за 100-летний период.

Ограничимся анализом сезонных распределений тенденций изменения температуры воздуха в отдельных районах, графики которых приведены на рис. 5.

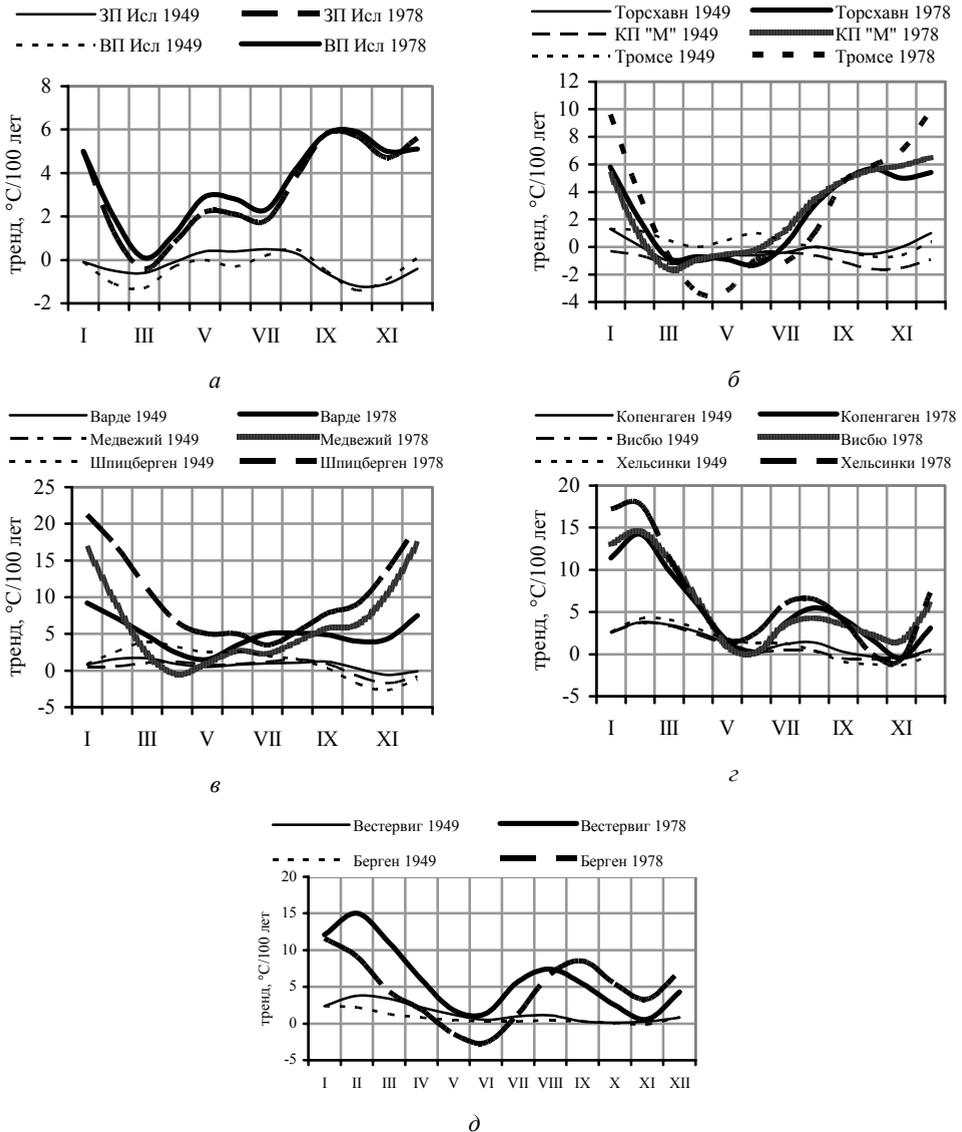


Рис. 5. Сезонный ход тенденций изменения температуры воздуха в районе Исландии (а), в Норвежском море (б), в северной части Норвежского и западной части Баренцева морей (в), в бассейне Балтийского (з) и Северного морей (д)

Обратим внимание на существенную пространственную и временную неоднородность тенденций изменения температуры в последние четверть века. Выявленная существенная неоднородность пространственного и сезонного распределения тенденций изменения температуры воздуха и суммы осадков свидетельствует о том, что реакция климатической системы на глобальное потепление нелинейная. Требуется объяснения тот факт, что в разных районах региона в одни сезоны наблюдается интенсивное потепление, а в другие потепление либо не существенно, либо даже отмечается тенденция к похолоданию; в одни сезоны наблюдается значительное увеличение сумм осадков, а в другие – значительное уменьшение. Так, например, максимальное значение тенденции повышения температуры воздуха в Исландии отмечается осенью, а в северной Европе – зимой.

Распределение минимальных значений тенденций роста температуры более неравномерно. Так, в районе Исландии наименьшая скорость увеличения температуры воздуха отмечается в марте; на Фарерских островах (Торсхавн) и в районе корабля погоды "М" – в марте–мае; в Северном море (Вестервиг, Берген) и на акватории Балтийского моря (Висбю, Копенгаген, Хельсинки) – в июне; на севере Скандинавии (Тромсе, Варде) – в мае–июле; в северной части Норвежского моря (Медвежий, Шпицберген) – в мае–августе.

Представляется, что одной из основных причин этого явления становится усиление влияния распресненных вод Арктики в условиях глобального потепления. Механизм явления заключается в следующем: летом (июль – август) на фоне глобального потепления увеличивается объем распресненных холодных вод, поступающих в Северную Атлантику из Арктики с Восточно-Гренландским и Лабрадорским течениями. За счет низкой плотности эти воды в районе встречи с теплыми и более солеными водами Северо-Атлантического течения экранируют их воздействие на атмосферу. Поэтому в период, когда эти трансформированные воды попадают в Норвежское море, должна наблюдаться тенденция к уменьшению нормальной для этого периода температуры воздуха.

Рассмотрим этот механизм подробнее. На рис. 6 приведена генерализованная схема течений и перемещения ядра холодной опресненной воды в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне.

Как видим, основная часть воды из Арктического бассейна покидает район с Восточно-Гренландским течением и в районе полуострова Лабрадор, соединяясь с водами Лабрадорского течения, поворачивает на восток, где смешиваясь с североатлантическим течением возвращается к побережью Исландии и Фарерским островам. Другая часть вовлекается в циклонические вихри Норвежского и Гренландского морей.

Сроки прохождения очагов распресненной холодной воды оценены с учетом характерной скорости постоянных течений. Так, при скорости течения 25 см/с путь вод арктического происхождения от севера Гренландии до зоны встречи с водами североатлантического течения и далее путь трансформиро-

ванных вод с экранирующими свойствами до Фарерских островов и Исландии займет 7–8 месяцев.

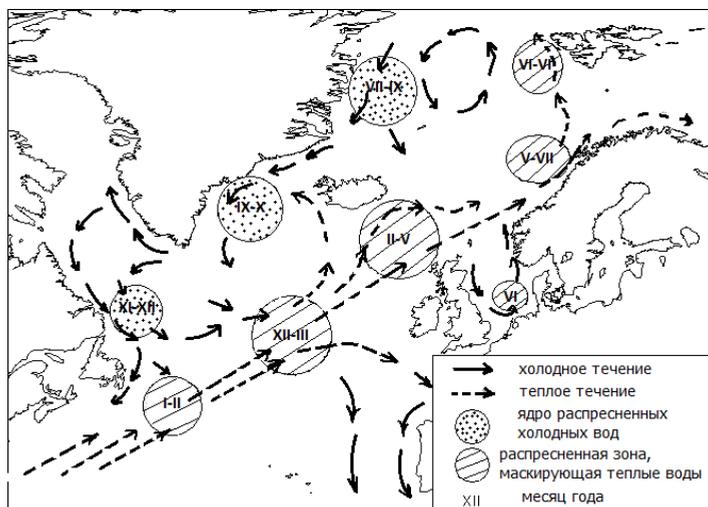


Рис. 6. Генерализованная схема перемещения ядра холодной опресненной воды в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне

Наиболее интенсивно лед в Арктике тает в июле-августе, следовательно, трансформированная распресненная арктическая вода должна подойти к Исландии и Фарерским островам в марте-апреле, к Шпицбергену – еще через 4 месяца – к июлю, что и подтверждается результатами обработки. Представляется, что этот механизм и является причиной несущественного повышения температуры воздуха в Западной Европе в начале лета. После прекращения таяния льда с началом ледообразования в Северном Ледовитом океане в октябре обычная стратификация воды в области Северо-Атлантического течения восстанавливается, теплые воды выходят к поверхности, и тенденции, отражающие глобальное потепление в Северо-Европейском бассейне, должны восстановиться, что в целом совпадает с выявленными тенденциями изменения температуры.

На эту картину должны накладываться колебания с периодом 1–4 месяца, вызванные наличием циклонических вихрей в Норвежском и Гренландском морях, в которые также попадает распресненная холодная вода из Арктического бассейна, экранирующая теплую североатлантическую воду. Именно этим, на наш взгляд, объясняется наличие вторичных экстремумов на графиках сезонного хода тенденций изменения температуры воздуха в Северной Европе.

Выводы

1. По результатам наблюдений продолжительностью более 100 лет на более чем 100 станциях Северной Европы выявлено существенное изменение годовой температуры воздуха и годового количества осадков. При этом выявленные из-

менения весьма неоднородны в пространстве и, начиная с 80-х годов прошлого столетия, существенно ускорились.

2. Наибольшие изменения температуры воздуха с 1890 г. произошли в районе Шпицбергена и в континентальной части Северной Европы, наименьшие – на акватории Норвежского моря. В последние 20 лет скорость потепления в континентальной части Северной Европы и в районе Шпицбергена увеличилась до $8^{\circ}\text{C}/100$ лет.

3. Количество осадков с 1890 года существенно увеличилось на побережье Норвегии, в районе о. Ян-Майен и на полуострове Скандинавия. Увеличение осадков составило 100–200 мм, что превышает двухмесячную норму осадков в этих районах.

4. Количество облачности в рассматриваемом районе за период инструментальных наблюдений изменилось незначительно.

5. Отмеченная изменчивость климата сопровождалась тенденцией роста широтного переноса воздушных масс и, судя по всему, смещением траекторий циклонов к северу от 60° с.ш.

6. Наибольшие изменения температуры воздуха в Северной Европе отмечаются в зимний период. Наименьшие изменения отмечаются в период с марта по август.

7. Выявленные особенности неоднородного по сезонам года изменения температуры можно объяснить увеличением объема талых вод Северного Ледовитого океана.

Повышение уровня океана и таяние ледяного покрова, столь часто обсуждаемые следствия глобального потепления климата, могут стать не самым опасным последствием глобального потепления. Более опасным, особенно для умеренных и высоких широт, представляется не столь очевидное последствие, связанное с распреснением поверхностных вод океана за счет таяния ледников и морского льда Арктики, способное изменить структуру течений Мирового океана и может спровоцировать быстрое похолодание в Европе.

Результаты проведенных исследований подчеркивают значимость современных тенденций изменения климата и заставляют повысить внимание к проблемам выявления этих тенденций для их учета при нормативном гидрометеорологическом обеспечении различных областей экономики.

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг. (государственный контракт № П1152).

Литература

1. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S.D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.

2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология, 2004, № 4, с. 50-66.
3. Груза Г.В., Анасова Е.Г. Климатическая изменчивость месячных сумм осадков Северного полушария // Метеорология и гидрология, 1981, № 5, с. 5-16.
4. Ефимова Н.А., Жильцова Е.Л., Лемешко Н.А., Строкina Л.А. О сопоставлении изменений климата в 1981–2000 гг. с палеоаналогами глобального потепления // Метеорология и гидрология, 2004, № 8, с. 18-23.
5. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий. – Метеорология и гидрология, 2001, № 5, с. 5-21.
6. Лямзина В.Г., Мاستрюков С.И. Оценка тенденций изменения температуры и солёности воды в южной части Баренцева моря // Навигация и гидрография, 2005, № 20-21, с. 110-115.
7. Heikki Tuomenvirta, Achim Drebs, Eirik Forland, Ole Einar Tveito, HansAlexandersson, Ellen Vaarby Laursen, Trausti Jonsson. Nordklim data set 1.0 – description and illustrations. DNMI Report No 08/01 KLIMA, 2001, 27 p. (www.dnmi.no).
8. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 210 с.