

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

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

*Е.К. 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  $\text{CO}_2$  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.

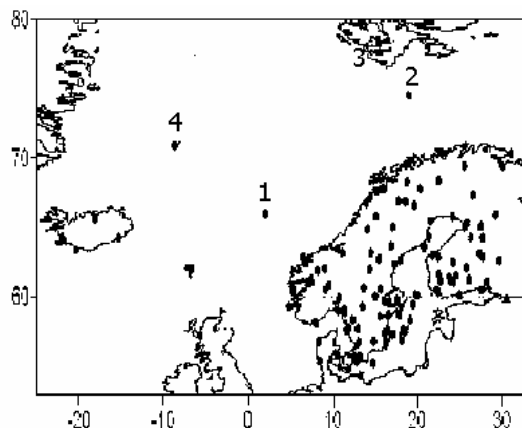


Рис. 1. Схема расположения метеостанций Северной Европы, данные которых использованы для оценки климатических изменений.

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:

$$Y = ai + b, \tag{1}$$

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:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy}}{\sigma_x \sigma_y}, \tag{2}$$

где  $x = x_i - \bar{x}$ ;  $y = y_i - \bar{y}$  – аномалии переменных двух рядов выборок – года и значения параметра;  $\sigma_x, \sigma_y$  – 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 ( $\alpha$ );  $z$  – соотношение Фишера, связанное логарифмическим отношением с коэффициентом корреляции ( $r$ ):

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

$\sigma_z$  – 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 (°С /100 лет) и среднегодового количества осадков (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 °С. Изменение температуры воздуха в южной части Баренцева моря так же составило примерно 1 °С, 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.

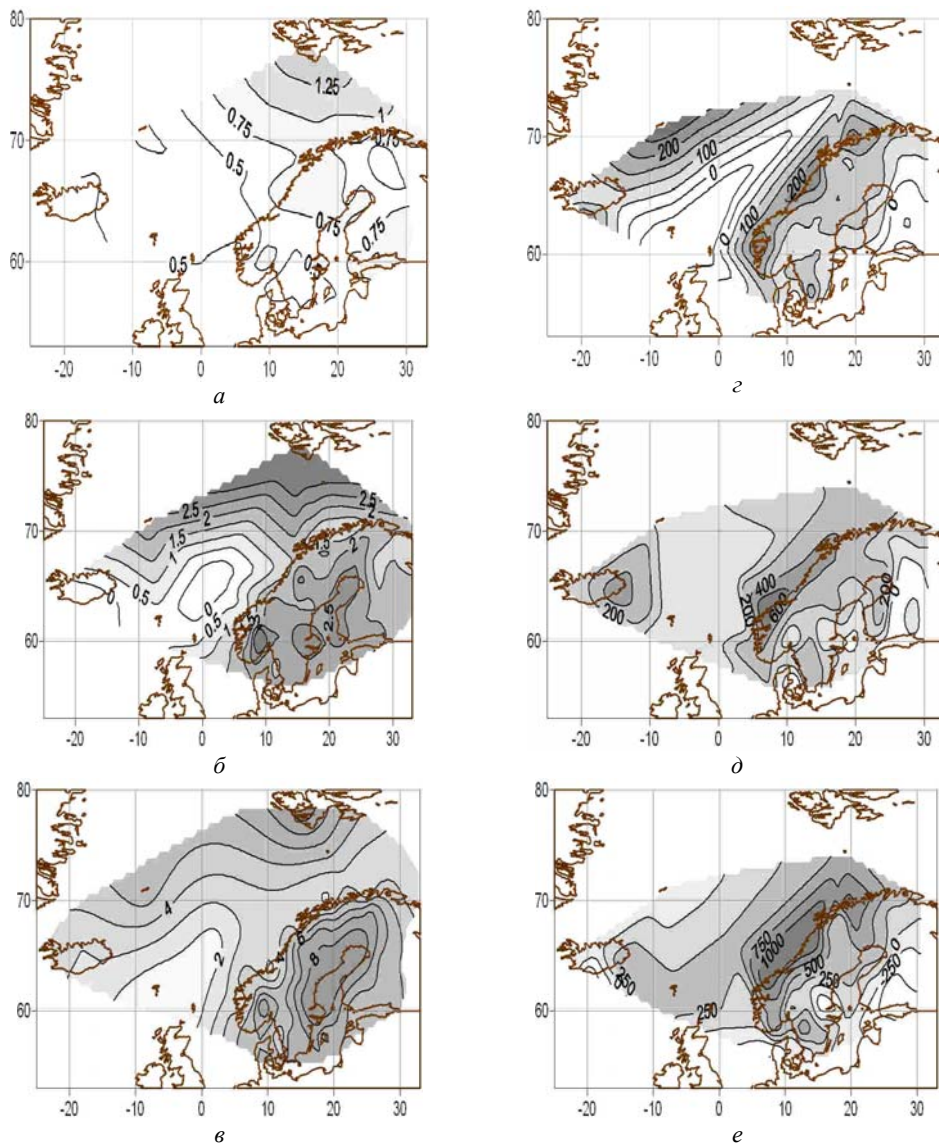


Рис. 2. Скорость изменения температуры воздуха (°С/100 лет) по данным наблюдений с 1890 по 2001 г. (а), с 1960 по 2001 г. (б), с 1980 по 2001 г. (е), а также скорость изменения годового количества осадков (мм/100 лет) по данным наблюдений с 1890 по 2001 г. (z), с 1960 по 2001 г. (д), с 1980 по 2001 г.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

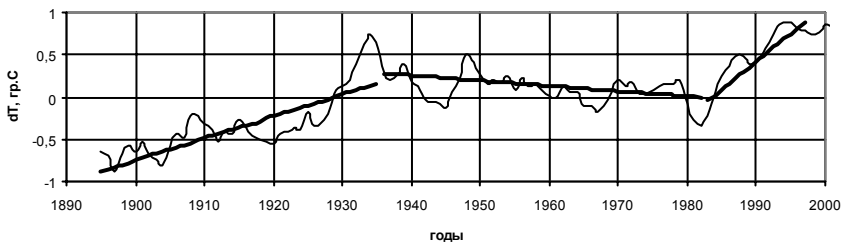


Рис. 3. Сглаженный с периодом 11 лет ход отклонения среднегодовой температуры воздуха от нормы (1890–2002 гг.) на станции Хельсинки

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.

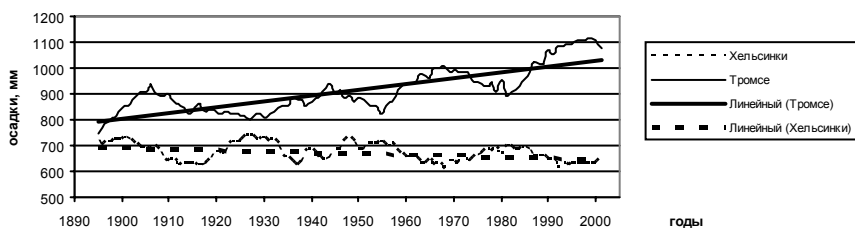


Рис. 4. Годовой ход количества осадков на станциях Хельсинки и Тромсе, сглаженный с периодом 11 лет, и его аппроксимация линиями линейной регрессии

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
Вестманнаэйр	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
Вестманнаэйр	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
Вестманнаэйр	-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
Вестманнаэйр	-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.

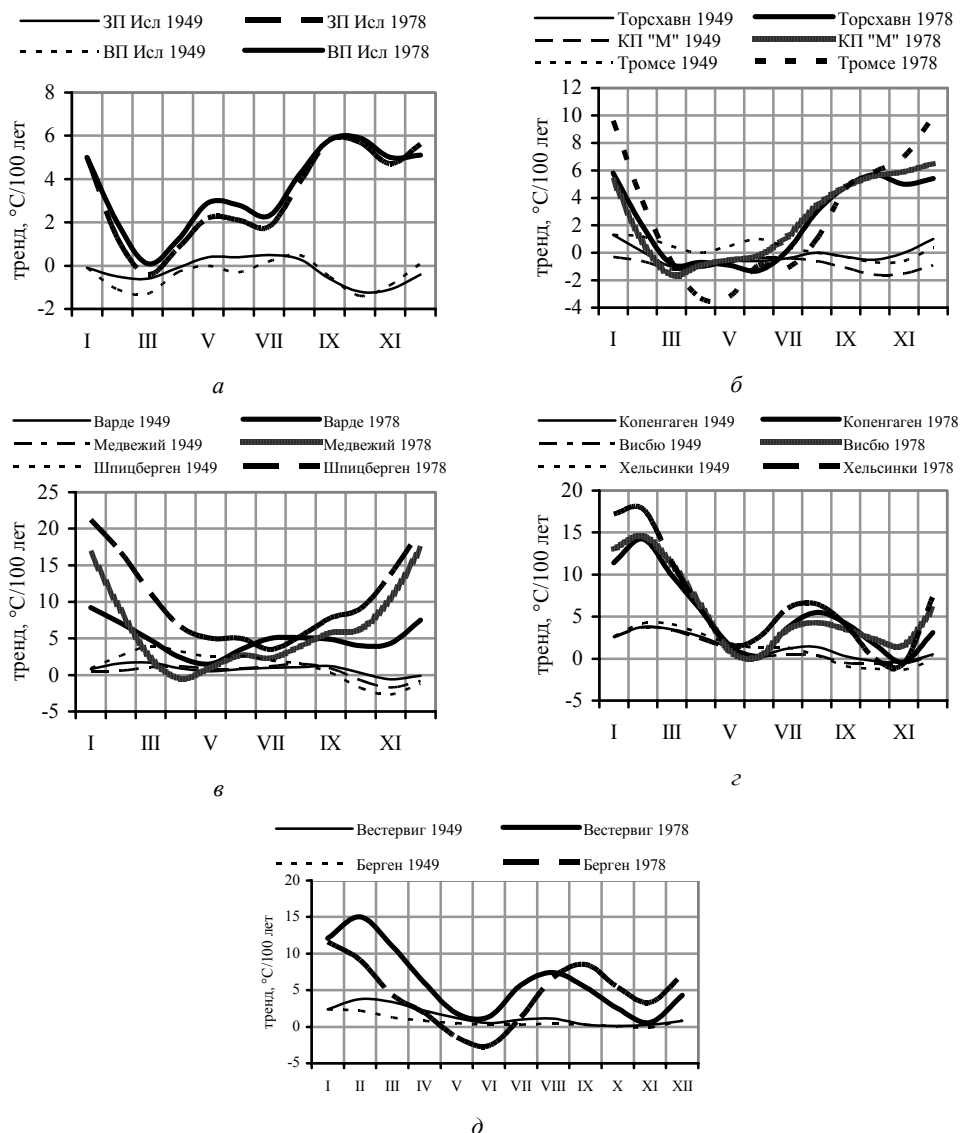


Рис. 5. Сезонный ход тенденций изменения температуры воздуха в районе Исландии (а), в Норвежском море (б), в северной части Норвежского и западной части Баренцева морей (в), в бассейне Балтийского (з) и Северного морей (д)

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.

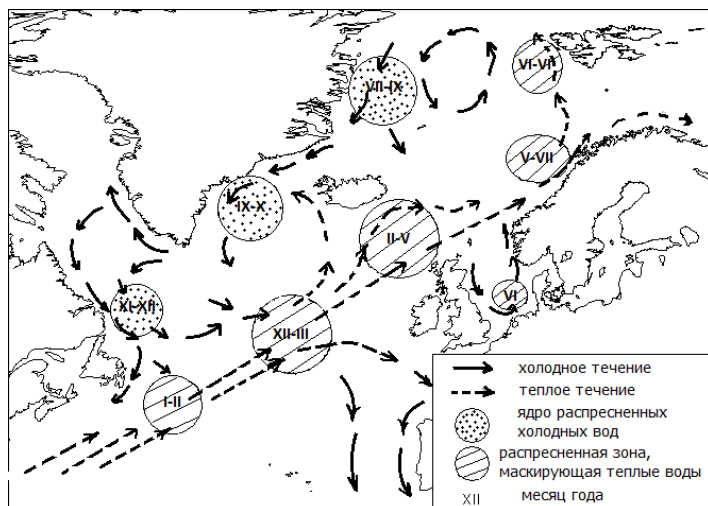


Рис. 6. Генерализованная схема перемещения ядра холодной опресненной воды в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне

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  $60^{\circ}$  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., Мастрюков 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](http://www.dnmi.no)).
8. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 210 с.