

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE IN Leningrad

Transactions

Труды
вып. 32

vol. 32

06
778

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ ОКЕАН—АТМОСФЕРА

INVESTIGATIONS
ON THE OCEAN — ATMOSPHERE PROBLEM

Сборник 2

работ научно-исследовательского института взаимодействия океана
и атмосферы

issue 2

of the papers of the air sea interaction institute

24443

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института

ЛЕНИНГРАД
1970

Сборник содержит результаты исследований взаимодействия океана и атмосферы, выполняемых в Ленинградском гидрометеорологическом институте. Статьи посвящены формированию процессов в реальных океанах и морях, изменению метеорологических и гидрологических условий и их прогнозу. Некоторые статьи имеют теоретическое и методическое содержание.

Сборник рассчитан на широкий круг океанологов, метеорологов и геофизиков, а также на преподавателей, аспирантов и студентов.

Научный редактор **В. В. Тимонов**

Ответственный редактор *О. А. Алекин*

2—9—6

Труды Ленинградского Гидрометеорологического института
Исследования по проблеме океан — атмосфера

СБОРНИК 2

Работ научно-исследовательского института взаимодействия океана и атмосферы

Редактор *Б. И. Леонова*

М-13 525. Сдано в набор 21/V-1968 г. Подписано к печати 2/VII-1970 г. Формат бум. 70 × 108¹/₁₆.
Бумага тип. № 3. Печ. л. 16. Уч.-изд. л. 19. Тираж 500. Заказ 2329. Цена 1 р. 84 к. Тем. план 1968 г.

Типография профессионально-технического училища № 4. Ленинград, 12-я Красноармейская ул., 27.

СОДЕРЖАНИЕ

Часть первая. ФИЗИКА ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

Теория, эксперименты, методы расчета

	Стр.
<i>В. М. Радикевич.</i> Исследование некоторых характеристик взаимодействия пограничных слоев атмосферы и моря на основе новой теоретической модели	3
<i>А. С. Балужева, В. Н. Веретенников.</i> К теории нестационарных чисто дрейфовых течений в океане	16
<i>А. С. Балужева, В. Н. Веретенников.</i> К вопросу о расчете ветрового нагона	23
<i>В. А. Макаров.</i> О распространении длинной волны в канале переменной ширины	30
<i>Л. И. Борис.</i> О расчете внутренних приливных волн и связанных с ними течений в океане	33
<i>Б. А. Каган, А. В. Некрасов, Р. Э. Тамсалу.</i> Расчет приливных явлений в море с учетом горизонтального турбулентного трения	50
<i>А. В. Некрасов.</i> Использование соотношений между уровнем и его наклоном при анализе приливных колебаний	56
<i>А. Б. Мензин.</i> Об электрической аналоговой модели глубинной циркуляции	64

Формирование процессов в реальных океанах и морях

В. В. Тимонов . Очаги взаимодействия океана и атмосферы	69
<i>В. М. Радикевич.</i> Основные причины изменений сезонных величин турбулентного потока тепла и затрат тепла на испарение в Северной Атлантике	76
<i>И. П. Карпова.</i> К вопросу об устойчивости атмосферы над Северной Атлантикой	81
<i>Н. Л. Козутовский.</i> К обмену теплом и солями между верхним слоем и глубинными водами Северной Атлантики	85
<i>Б. И. Тюрков.</i> Расчетная схема изменений структуры деятельного слоя Охотского моря от сезона к сезону	94
<i>В. П. Хрол.</i> Метод расчета адвективных изменений толщины льда вдоль восточно-американского пути перемещения льдов	121

Изменение метеорологических и гидрологических условий, их прогноз

<i>Б. Б. Елекоев.</i> Об изменении длины планетарных волн при переходе от зональной циркуляции к меридиональной	138
<i>А. А. Гирс.</i> Учет развития макросиноптических процессов при изучении причин изменения фоновых характеристик гидросферы	145
<i>А. И. Савичев.</i> К вопросу о прогнозе барического поля над Северной Атлантикой в июле	169
<i>Е. И. Серяков, В. П. Карауловский.</i> Расчет вариаций месячных величин потерь тепла на испарение и теплообмена с атмосферой в Северной Атлантике	184
<i>Е. И. Серяков, А. И. Смирнова.</i> Связь составляющих теплового баланса Северной Атлантики с аномалиями температуры воды за характерные годы	193
<i>А. И. Смирнова.</i> Изменение теплосодержания деятельного слоя Северной Атлантики при разных типах атмосферной циркуляции	206
<i>И. П. Карпова.</i> О влиянии Исландского минимума атмосферного давления на течения Норвежского моря	221

Методы натурных исследований, приборы

<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> Применение искусственных спутников Земли для океанологических исследований	230
<i>А. В. Проворкин, Г. Р. Рехтзамер.</i> О дешифрировании снимков льдов, полученных с метеорологических спутников Земли	239

Часть вторая. ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОКЕАНА И АТМОСФЕРЫ

<i>О. А. Алекин, Н. П. Моричева.</i> Расчет насыщенности карбонатом кальция воды Черного моря	250
---	-----

CONTENTS

Part first. PHYSICS OF THE OCEAN AND THE ATMOSPHERE

Theory, experiments, methods of calculation

	Pp.
<i>V. M. Radikevich</i> . Investigation of some characteristics of interaction between the atmosphere and sea boundary layers on the base of a new theoretical model	3
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov</i> . On the calculation of wind-induced surge	16
<i>A. S. Baluyeva, V. N. Veretennikov</i> . On the theory of non-stationary drift currents in the ocean	23
<i>V. A. Makarov</i> . On the propagation of a long wave in a channel with the variable cross-section	30
<i>L. I. Boris</i> . Calculation of internal waves and associated currents in the ocean	33
<i>B. A. Kagan, A. V. Nekrasov, R. E. Tamsalu</i> . Calculation of tidal phenomena in the sea taking into account the lateral turbulent friction	50
<i>A. V. Nekrasov</i> . Use of the relationships between the sea-level and its slope at the tidal oscillation analysis	56
<i>A. B. Menzin</i> . Electrical analogue model of the deep circulation	64

Formation of real ocean and sea processes

<i>V. V. Timonov</i> . Centers of ocean.—atmosphere interaction	69
<i>V. M. Radikevich</i> . Main causes of variations of seasonal values of turbulent heat flux and evaporation heat loss in the North Atlantic	76
<i>I. P. Karpova</i> . On the atmosphere stability over the North Atlantic	81
<i>N. L. Kogutovskv</i> . Heat and salt exchange between the upper and deep layers in the North Atlantic	85
<i>B. I. Tjuriakov</i> . Calculated pattern of the changes of the structure of the Okhotsk Sea from season to season	94
<i>V. P. Khrol</i> . Methods of calculation of the advective variation of the thickness of the ice along the East American ice travel path	121

Variation of meteorological and hydrological conditions and their forecast

<i>B. B. Elekoyev</i> . Change of the planetary waves length during the transition from the zonal to meridional circulation	138
<i>A. A. Girs</i> . Use of the data of the development of the macrosynoptic processes in studying causes of background hydrosphere characteristics variations	145
<i>A. I. Savichev</i> . The forecast of the atmosphere pressure field over the North Atlantic in July	169
<i>E. I. Seryakov, V. P. Karaulovsky</i> . Calculation of variations of the month values of evaporation heat loss and the sea—air heat exchange in the North Atlantic	184
<i>E. I. Seryakov, A. I. Smirnova</i> . Relation between heat balance components and water temperature anomalies for the characteristic years in the North Atlantic	193
<i>A. I. Smirnova</i> . Variation of the active layer heat content in the North Atlantic in various types of the atmospheric circulation	206
<i>I. P. Karpova</i> . Influence of the Icelandic depression on the currents of the Norwegian Sea	221

Methods of natural investigations. Apparatus

<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhtzamer</i> . Use of satellites for oceanological investigations	230
<i>A. V. Provorkin, G. R. Rekhtzamer</i> . Decoding of ice photographs made by means of meteorological satellites	239

Part second. CHEMICAL SEA-AIR INTERACTION

<i>O. A. Alekii, <i>N. P. Moricheva</i></i> . Calculation of the saturation of calcium carbonate in the water of the Black Sea	250
--	-----

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗЕ БАРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НАД СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКОЙ В ИЮЛЕ

А. И. Савичев

Широко известно, что воздушные течения являются основной причиной океанического волнения, в значительной степени определяют океаническую циркуляцию и перемешивание вод и, как следствие этого, существенно влияют на перераспределение тепла в океане. Поэтому методы расчета различных гидрологических процессов, получившие за последнее время развитие в океанологии, могут иметь прогностическое значение лишь при условии успешного предсказания типа атмосферной циркуляции и характера барического поля над океанами.

Существующие способы долгосрочного прогнозирования обычно предусматривают составление прогнозов синоптических процессов и аномалий температуры воздуха над континентальными районами. При этом в малой степени учитываются характеристики общей циркуляции атмосферы, процессы, происходящие над океаническими районами, а также процессы взаимодействия атмосферы с гидросферой.

Отсутствие методик долгосрочного прогнозирования полей метеорологических элементов (в частности, поля давления) для океанических районов можно объяснить недостаточностью объема наблюдений, производимых в прошлом, и, как следствие этого, слабой изученностью особенностей атмосферной циркуляции над океаном.

Для нас, несомненно, представляет большой интерес изучение процессов, происходящих в атмосфере и гидросфере, и их прогноз в северной части Атлантического океана не только как самостоятельная проблема, но и как проблема сопряженности синоптических процессов в указанном районе с синоптическими процессами других районов северного полушария и в первую очередь с процессами евразийского континента.

В работе [1] предложен способ составления прогноза типа среднемесячного барического поля на январь, февраль и март по шести районам Северной Атлантики, основанный на гипотезе о существовании закономерностей в преемственности крупных структурных особенностей термобарического поля тропосферы в указанных шести районах.

При разработке способа прогнозирования на летние месяцы нам представляется целесообразным изучать различные преобразования форм W, C, E и типов Z, M₁, M₂ атмосферной циркуляции в северном полушарии и связанные с ними атмосферные процессы в Северной Атлантике. Данный способ применяется в ААНИИ для составления долгосрочных гидрометеорологических прогнозов по районам Арктики [2, 3]. При этом естественно, что научное распространение метода ААНИИ на

территорию Северной Атлантики должно предусматривать повышение обеспеченности метода применительно к данному району, для чего потребуются изучение локальных закономерностей формирования полей метеорологических элементов при определенных формах (W, E, C) атмосферной циркуляции, проведение дополнительных разработок, направленных на выявление особенностей применения метода.

В работе [4] на примере разработки способа прогноза барического поля для Северной Атлантики на июнь месяц нами рассмотрены основные черты подхода к решению задачи долгосрочного прогнозирования в целом для всего летнего периода, там же представлены основные этапы процесса составления прогноза на месяц и дан опытный прогноз на июнь 1966 г. на независимом материале.

Мы исходим из гипотезы, что синоптические процессы, наблюдающиеся в определенном промежутке времени над Северной Атлантикой, не появляются вдруг, а во многом подготавливаются в течение трехмесячного периода времени, предшествующего ему, на пространстве северного полушария. Естественно при этом полагать, что аналогичные синоптические условия в любом месяце, формирующие аналогичные типы метеорологических элементов, не возникают случайно, они должны подготавливаться предшествующим развитием макропроцессов. Следовательно, в предшествующем периоде таких месяцев должны обнаруживаться общие особенности характеристик атмосферной циркуляции, которые можно использовать при составлении прогнозов погоды.

В настоящей работе мы использовали рассмотренные ранее [4] принципы исследования макросиноптических процессов над Северной Атлантикой применительно к разработке способа прогноза поля давления на июль месяц.

Материалом для исследования послужили ежедневные синоптические карты северного полушария, ежемесячные карты среднего поля давления и температуры, аномалий давления и температуры, карты среднего давления за ЭСП, каталоги форм и типов атмосферной циркуляции на северном полушарии Г. Я. Вангенгейма и А. А. Гирса с апреля по июль за период с 1900 по 1964 гг. включительно.

По характеру преобразования форм атмосферной циркуляции, особенностей развития макросиноптических процессов от апреля к июлю над северным полушарием и формирования среднемесячного поля давления и поля температуры над Северной Атлантикой в июле за 65 лет (1900—1964 гг.) было выделено семь групп лет аналогичных процессов, характерных для данного месяца (табл. 1).

Таблица 1

Группы однородных процессов и распределение их по эпохам.

Г Р У П П Ы													
Первая		Вторая		Третья		Четвертая		Пятая		Шестая		Седьмая	
годы	эпоха	годы	эпоха	годы	эпоха	годы	эпоха	годы	эпоха	годы	эпоха	годы	эпоха
1905	W	1915	W	1901	W	1903	W	1900	W	1902	W	1932	E
1909	W	1922	W	1906	W	1910	W	1904	W	1907	W	1937	E
1920	W	1930	E	1925	W	1914	W	1908	W	1911	W	1943	C
1923	W	1931	E	1927	W	1918	W	1913	W	1912	W	1944	C
1924	W	1934	E	1933	E	1919	W	1916	W	1917	W	1946	C
1926	W	1936	E	1938	C	1939	E	1921	W	1948	C	1947	C
1928	W	1953	E+C	1941	E+C	1940	C	1929	E	1949	C	1950	E+C
1935	E	1954	E+C	1955	E+C	1957	E+C	1942	C	1956	E+C	—	—
1951	E+C	1960	E+C	1959	E+C	1958	E+C	1945	C	—	—	—	—
		1951	E+C	1964	E+C	1962	E+C	1952	E+C	—	—	—	—
						1963	E+C			—	—	—	—

В основу такого деления легла аналогичность в географической локализации и интенсивности основных барических образований на картах среднемесячного поля давления в июле над Северной Атлантикой и прилегающими районами; аналогичность в распределении среднемесячных аномалий давления и температуры на полушарии как в исходном периоде (апрель—июнь), так и в прогнозируемом месяце (июль); аналогичность степени развития определенных форм циркуляции на полушарии в прогнозируемом месяце и однотипность аномальности развития и преобразования определенных форм циркуляции в течение предшествующего периода, а также однородность развития синоптических процессов внутри прогнозируемого месяца над Северной Атлантикой.

В ходе исследования построены графики повторяемости основных форм и типов атмосферной циркуляции для всех групп, карты вероятностей положительных и отрицательных аномалий давления и температуры в последовательные месяцы (апрель—июль) для всех семи групп и групповые карты среднемесячного поля давления и аномалий давления для прогнозируемого (июля) месяца. На групповых графиках и картах очень хорошо выявились особенности, наиболее характерные для предшествующего периода (апрель—июнь) каждой июльской группы. Указанные особенности в некоторых месяцах и районах имеют высокую обеспеченность (80—100%). Поэтому они могут быть использованы при определении, к какой июльской группе относится текущий год. Нами вычислена вероятность группового знака аномалий повторяемости форм и типов циркуляции для всех месяцев исследуемого периода выделенных групп.

Вероятность выражена в значениях ρ , и вычисляется по формуле

$$\rho = \frac{n_{\text{совп}} - n_{\text{несовп}}}{n_{\text{совп}} + n_{\text{несовп}}}$$

где ρ —оценка прогноза аномалий по знаку, меняющаяся от +1, когда прогноз по всем годам, входящим в данную группу, оправдался, до -1, когда прогноз по всем годам не оправдался ($\rho=0$, если прогноз оправдался лишь в 50% случаев); $n_{\text{совп}}$ —число случаев, когда ожидаемый и фактические знаки совпали, т. е. прогноз оправдался; $n_{\text{несовп}}$ —число случаев, когда ожидаемый и фактический знаки аномалий не совпали, т. е. прогноз не оправдался (если в каком-либо месяце фактическая или прогностическая аномалия равнялись нулю, то такие месяцы при определении ρ не учитывались). Полученные значения вероятностей приведены в табл. 2, из которой видно, что в боль-

Таблица 2.

Вероятность совпадения знака аномалий форм циркуляции в годы, вошедшие в группы со средней групповой аномалией

Группы	Апрель		Май		Июнь		Средняя за апрель-июнь	Июль		Средняя за июль
	W, C, E, 3, M ₁ , M ₂	3, M ₁ , M ₂	W, C, E, 3, M ₁ , M ₂	3, M ₁ , M ₂	W, C, E, 3, M ₁ , M ₂	3, M ₁ , M ₂	W, C, E, 3, M ₁ , M ₂	W, C, E, 3, M ₁ , M ₂	3, M ₁ , M ₂	W, C, E, 3, M ₁ , M ₂
Первая . . .	—	0,0	0,25	0,18	0,39	0,56	0,28	0,83	0,18	0,50
Вторая . . .	0,48	0,10	0,12	0,08	0,30	0,20	0,21	0,63	0,11	0,37
Третья . . .	—	0,20	0,22	0,38	0,11	0,24	0,23	0,73	0,28	0,50
Четвертая . . .	0,10	0,20	0,4	-0,07	0,29	0,11	0,17	0,57	0,12	0,23
Пятая . . .	0,31	0,10	0,28	0,36	0,48	0,36	0,32	0,55	0,53	0,54
Шестая . . .	0,41	0,36	0,07	0,31	0,20	0,38	0,29	1,00	0,21	0,60
Седьмая . . .	0,35	0,41	0,70	0,49	0,59	0,15	0,45	0,71	0,33	0,52
Среднее . . .	0,33	0,20	0,29	0,25	0,34	0,29	0,28	0,72	0,22	0,42

шинстве месяцев каждой группы ρ положительно и сравнительно велико, что указывает на согласованность этой характеристики в отдельных случаях входящей в каждую группу. Следовательно, полученные результаты могут быть использованы как один из признаков отнесения текущего года к определенной группе лет. Кроме того, они показывают, что выдержан принцип однотипности аномального развития и преобразования определенных форм циркуляции в течение изучаемого периода (апрель — июль).

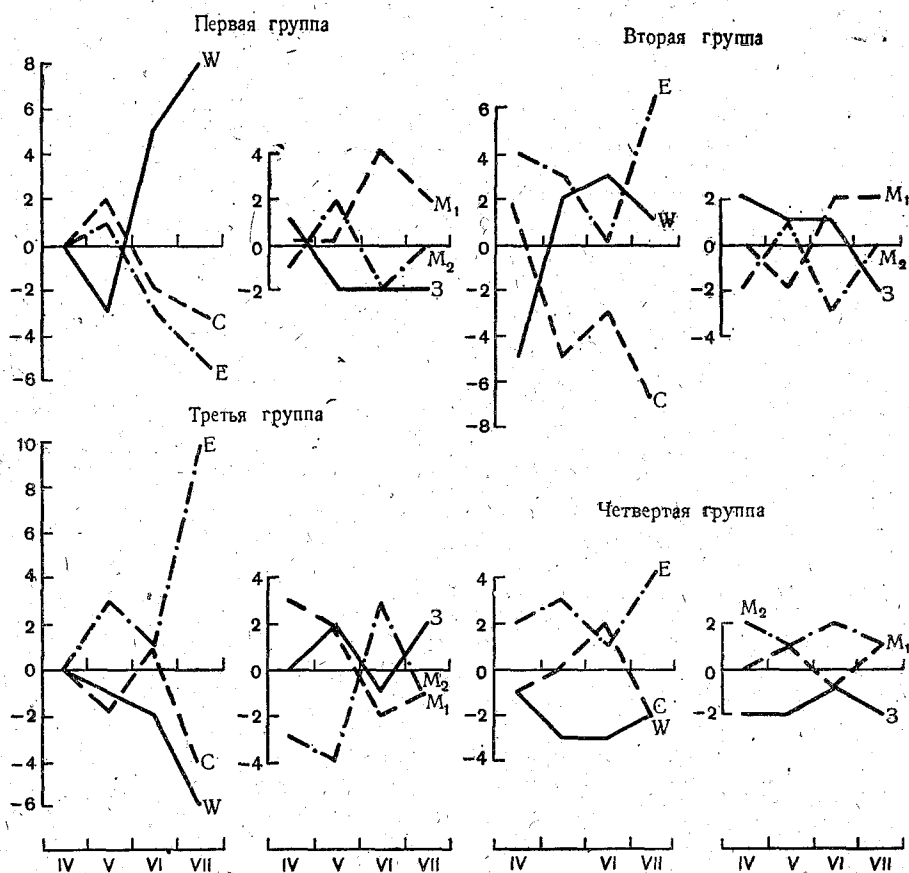


Рис. 1. Отклонение от нормы повторяемости форм W, C, E и типов 3, M₁, M₂ при процессах первой, второй, третьей и четвертой групп.

Графики рис. 1, 2 показывают, что по характеру преобразования форм атмосферной циркуляции от апреля к июлю развитие процессов в рассматриваемых группах можно отнести к трем сериям. Так, первая группа нами отнесена к серии развития процессов западной формы циркуляции в прогнозируемом месяце. Следующие три группы (вторая, третья и четвертая) объединены в серию развития процессов восточной формы циркуляции в июле месяце (во второй группе наблюдается комбинированная E + W-форма). Третья серия (пятая, шестая и седьмая группы) характеризуются развитием процессов меридиональной формы циркуляции (в пятой группе, кроме процессов C-формы, аномально развиты и процессы W-формы).

Следует отметить, что несмотря на развитие процессов одной и той же формы циркуляции в прогнозируемом месяце характер преобразова-

ния в предшествующем периоде различен. Это можно объяснить не только разновидностями форм, но и степенью развития данной формы и ее сочетанием с типом процессов во втором секторе полушария. Кроме этого, каждая из указанных групп характеризуется формированием в прогнозируемом месяце принципиально отличного типа среднемесячного барического поля над Северной Атлантикой. Это свидетельствует

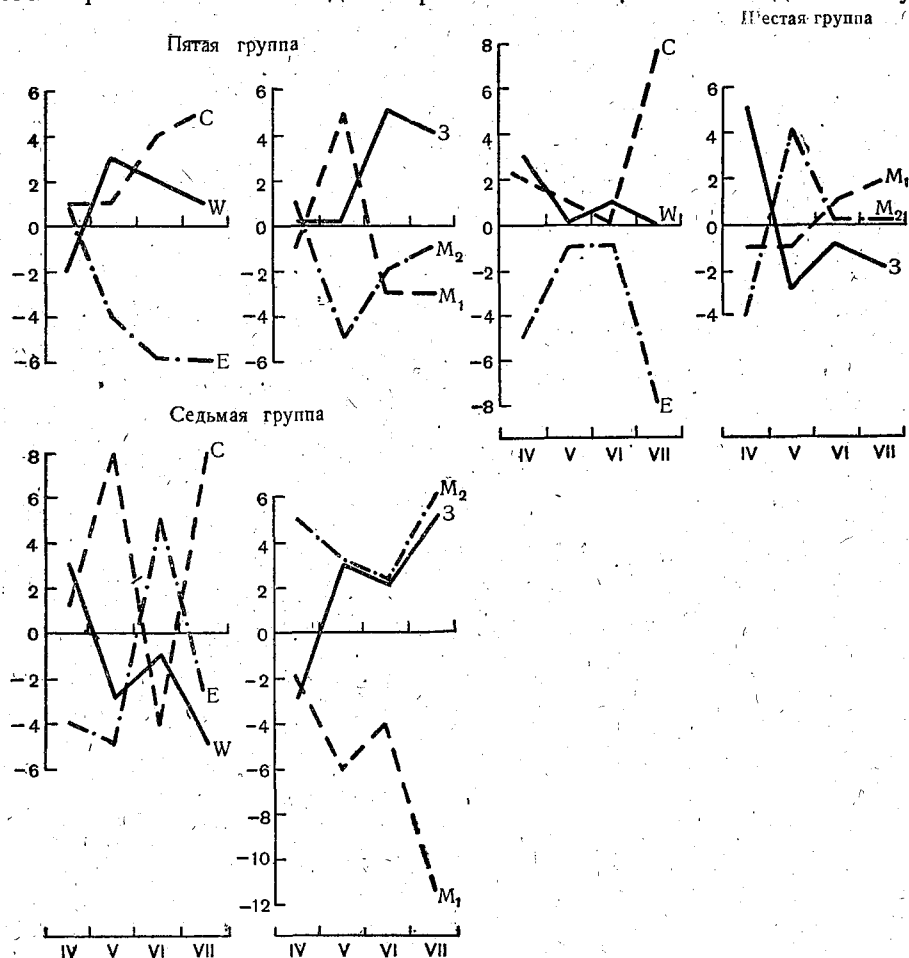


Рис. 2. Отклонение от нормы повторяемости форм W, C, E и типов Z, M₁, M₂ при процессах пятой, шестой и седьмой групп.

о том, что процессы прогнозируемого месяца в каждой группе лет, отнесенные, например, к форме C, являются аналогичными макропроцессами не только на полушарии по крупным (фоновым) особенностям, но и на пространстве исследуемого района Атлантического океана по распределению аномалий давления и температуры, а, следовательно, и по характеру развития синоптических процессов.

Первая группа лет включает преимущественно годы, относящиеся к эпохе W циркуляции. Только два года — 1935 и 1951 относятся соответственно к эпохам E и E + C циркуляции. Однако характер развития процессов этих лет близок к тем годам, которые вошли в данную группу. Анализ графика (см. рис. 1) показывает, что от апреля — мая к июню — июлю происходило преобразование процессов E + C-формы в процессы W-формы циркуляции.

Таким образом, несмотря на то, что большую часть лет данной группы составляют годы W эпохи, аномальное развитие процессов данной формы отмечается лишь в июне — июле, в апреле и мае W эпоха не проявилась.

Во втором секторе полушария в мае получают развитие процессы типа M_2 , в июне и июле — процессы типа M_1 . Процессы типа Z в большинстве месяцев рассматриваемого периода развития не получают. Следовательно, формирование типа среднемесячного барического поля над Северной Атлантикой в этой группе лет происходит на фоне процессов W_{M_1} -формы циркуляции на полушарии, возникшей из $(E + C)_{Z + M_2}$ -формы. При этом основной особенностью этой группы является формирование крупных отрицательных аномалий давления на севере Атлантики с центром в районе Исландии, где вероятность их появления составляет 100%.

Вторая, третья и четвертая группы характеризуются тем, что в большинстве месяцев рассматриваемого периода происходит аномальное развитие процессов E-формы. Общим у этих групп является и то, что к июню во всех этих группах повторяемость процессов восточной циркуляции резко падает, хотя и остается выше нормы.

Преобразование процессов других форм от месяца к месяцу имеет принципиальные различия. Так, если во второй группе повторяемость процессов западной циркуляции от апреля (где эти процессы сильно ослаблены) к маю, а затем к июню резко возрастает, то повторяемость процессов данной формы в третьей группе лет резко убывает от апреля к июлю, а повторяемость процессов этой формы в четвертой группе лет на протяжении всего периода остается ниже нормы, испытывая небольшие колебания от месяца к месяцу.

Процессы C-формы несколько усилены в апреле второй группы и в июне третьей и четвертой групп.

Существенные отличия этих групп как в предшествующем периоде, так и в прогностическом месяце наблюдаются в преобразовании процессов типов (Z, M_1 и M_2) атмосферной циркуляции во втором секторе полушария. Процессы типа Z усилены в предшествующем периоде второй группы, но ослаблены в июле. В третьей группе процессы зональной циркуляции усилены в мае и июле, тогда как в четвертой группе лет процессы данного типа ослаблены во всех месяцах рассматриваемого периода. Ход повторяемости процессов M_1 и M_2 второй группы противоположен ходу повторяемости процессов указанных типов третьей группы (если во второй группе в мае усилены процессы типа M_2 , а ослаблены процессы типа M_1 , в июне усилены процессы M_1 типа, а ослаблены процессы типа M_2 , то в третьей группе соотношение аномального развития процессов M_1 и M_2 типов в указанных месяцах обратное), в то время как в четвертой группе во все месяцы аномально развиты процессы типа M_2 , а повторяемость процессов типа M_1 колеблется около нормы.

Такой ход преобразования процессов от месяца к месяцу нашел свое отражение в формировании определенных типов барических полей в прогностическом месяце над Северной Атлантикой. Во второй группе на фоне разновидности $(E + W)_{M_1}$ -формы циркуляции над северо-восточными районами Атлантики в июле происходит формирование отрицательной аномалии давления с центром в районе Фарерских и Шетландских островов (вероятность 100%). Над крайними западными районами Северной Атлантики наблюдается повышенная повторяемость (80%) положительной аномалии давления.

В третьей группе лет географическая локализация среднемесячных аномалий давления почти обратная второй группе. На фоне процес-

сов E_3 -формы циркуляции над Гренландией формируется отрицательная аномалия давления с вероятностью 100%, а над южными районами Северной Атлантики и Скандинавией происходит формирование положительной аномалии давления также со 100% вероятностью.

В четвертой группе лет почти над всей Северной Атлантикой (исключая юго-восточные районы) формируется положительная аномалия давления. Изолиния 100% вероятности очерчивает большую площадь включающую в себя Гренландию, Исландию и юго-запад Гренландского моря. При этом на полушарии происходит аномальное развитие процессов $E_{(M_1+M_2)}$ -формы циркуляции.

В пятой группе лет в отличие от всех предыдущих от апреля к июлю происходит усиление процессов С-формы в комбинации в мае — июле с процессами W-формы за счет снижения повторяемости процессов E-формы. Во втором секторе от апреля к маю процессы типа M_1 преобразовывались в процессы типа M_2 . Последние в июне — июле преобразуются в процессы зональной формы на фоне возрастающей повторяемости процессов типа M_2 .

Шестая группа лет, как и пятая, от апреля к июлю характеризуется развитием процессов комбинированной $C+W$ -формы, но, если в апреле пятой группы повторяемость W-формы ниже нормы, то в шестой группе она выше нормы. Кроме этого, сравнительно высокую повторяемость в мае — июне шестой группы имеют и процессы E-формы. Существенные отличия этих групп наблюдаются в преобразовании процессов типов циркуляции во втором секторе полушария. Так, процессы 3-типа в апреле преобразуются в мае в процессы типа M_2 , последние же в июне и июле преобразуются в процессы типа M_1 . Большинство лет пятой и шестой групп относится к эпохе западной циркуляции. Этим можно объяснить, что наряду с устойчивым развитием С-формы циркуляции относительно повышенную повторяемость имеют и процессы W-формы.

В седьмой группе лет нет ни одного года из эпохи западной циркуляции. Несмотря на это в апреле усиленное развитие получают процессы W-формы в комбинации с процессами С-формы. В мае за счет ослабления процессов западной циркуляции наблюдается интенсивное развитие процессов С-формы, преобразующееся в июне в процессы восточной циркуляции, а последние в июле вновь сменяются процессами меридиональной формы. Развитие процессов данной группы лет во втором секторе также имеет свои особенности. Так, значительную повторяемость в апреле имеют процессы зональной циркуляции за счет ослабления процессов меридиональных типов циркуляции. В мае — июле, наряду с повышенной повторяемостью процессов зонального типа, происходит резкое увеличение (относительно нормы) повторяемости процессов типа M_2 .

Таким образом, несмотря на развитие в прогнозируемом месяце последних трех групп лет процессов одной и той же С-формы циркуляции, в предшествующем периоде характер преобразования форм циркуляции различен, а особенно существенные отличия наблюдаются в характере преобразования типов циркуляции во втором секторе полушария на протяжении всего исследуемого периода. Из графиков видно, что эти группы имеют существенные отличия от ранее рассматриваемых четырех групп как в характере преобразования в предшествующем периоде, так и в степени развития определенных разновидностей форм циркуляции в прогнозируемом месяце. Все это не могло не сказаться на особенностях формирования типов среднемесячного барического поля и географической локализации аномалий давления и температуры над Северной Атлантикой в июле.

Так в пятой группе лет на фоне развития процессов $(C + W)_3$ -формы циркуляции область положительной аномалии давления формируется над центральными районами Северной Атлантики в широтном направлении, захватывая Исландию.

В шестой группе лет область положительной аномалии давления располагается над крайним севером Атлантики, включая Исландию, на юге Северной Атлантики происходит формирование отрицательной аномалии давления. При этом на полушарии усиленное развитие получают процессы C -формы циркуляции.

В седьмой группе лет при развитии на полушарии процессов $C_{(M_2+3)}$ -формы над центральными районами Северной Атлантики происходит формирование отрицательной аномалии давления, причем изолиния 100% вероятности проходит севернее Исландии.

Как уже указывалось, при классификации лет в группы, кроме преобразования основных форм циркуляции за исследуемый период, использовались также карты распределения аномалий давления и температуры в северном полушарии. Поэтому в каждой группе наблюдается не только определенное, характерное для нее развитие макропроцессов, но и определенная последовательность смены режима погоды. Чтобы получить групповые характеристики особенностей макропроцессов, для всех месяцев каждой группы строились карты вероятностей знака аномалий температуры и давления. На этих картах, наряду с распределением основных очагов положительной и отрицательной аномалий, видна также и степень однородности данных характеристик в годах, вошедших в группы.

Из анализа этих карт видно, что во всех группах и на больших пространствах вероятность того или иного знака аномалий велика — достигает 70—100%. Следовательно, годы, вошедшие в группы, довольно однородны. Вместе с тем данные анализа карт вероятности и преобразования основных форм циркуляции показывают, что полученные серии и группы преобразований, а также типы среднемесячного барического поля над Северной Атлантикой имеют большие отличия.

В данной статье не представляется возможным поместить и проанализировать все построенные карты. Рассмотрим, для примера, карты локализации аномалий давления и температуры шестой и седьмой групп (рис. 3—5), которые, хотя и характеризуются развитием в прогнозируемом месяце процессов разновидностей C -формы, но имеют существенные отличия по характеру преобразования процессов форм и типов атмосферной циркуляции в исходном периоде и по географической локализации аномалий давления и температуры над Северной Атлантикой в июле месяце.

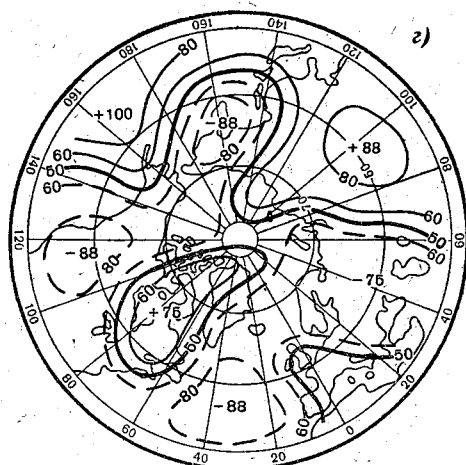
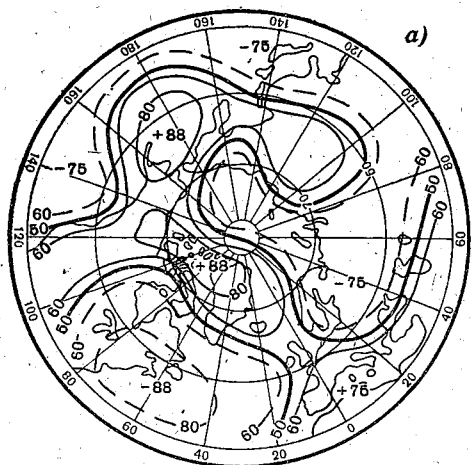
На картах для каждого месяца обеих групп довольно четко заметны отличия от средней многолетней картины. Вероятность появления этих особенностей в большинстве случаев и на больших пространствах довольно высокая. Кроме того имеются совершенно очевидные отличия в распределении вероятностей формирования аномалий знака и в исходном периоде этих групповых процессов.

Как видно из рис. 2, характер развития и преобразования форм атмосферной циркуляции в изучаемом периоде шестой группы можно представить в виде

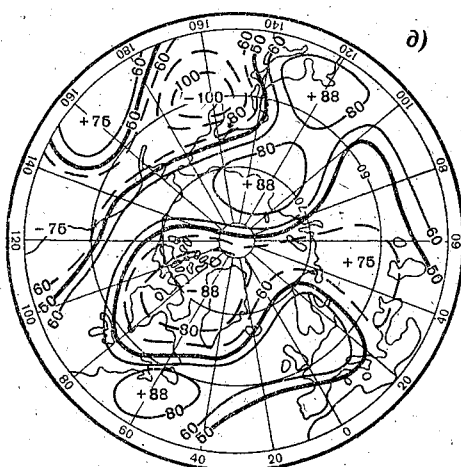
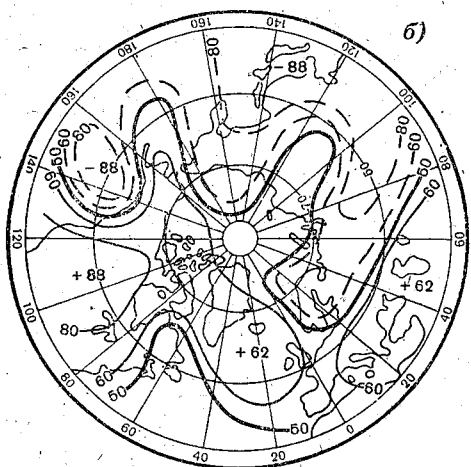
$$(W + C)_3 \xrightarrow{IV} C_{M_2} \xrightarrow{V} W_{M_1} \xrightarrow{VI} C_{M_1}$$

Характер распределения аномалий давления и температуры при данном преобразовании отражен на картах вероятностей (рис. 3,5). Из этих карт видно, что процессы исходного периода шестой группы отличаются устойчивым формированием поля положительных аномалий.

АПРЕЛЬ



МАЙ



ИЮНЬ

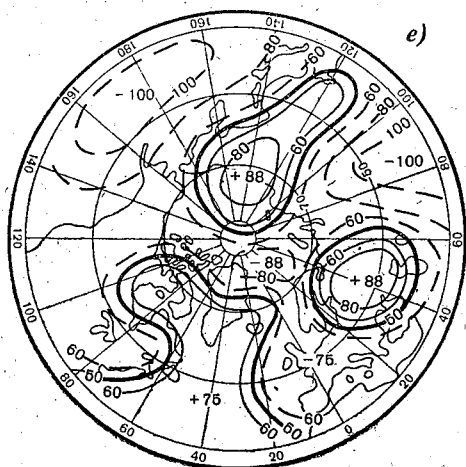
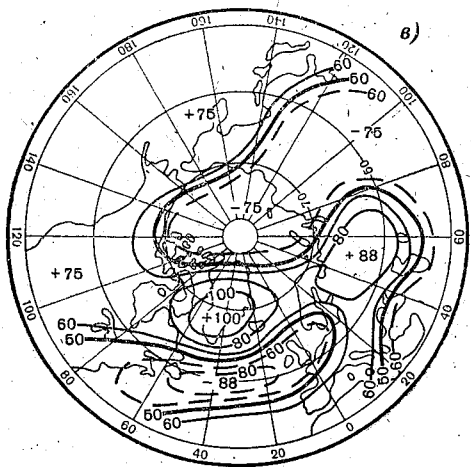
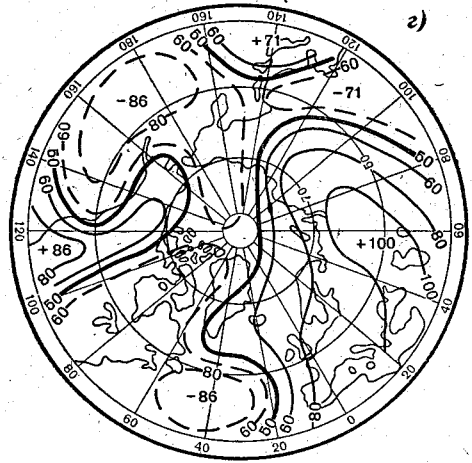
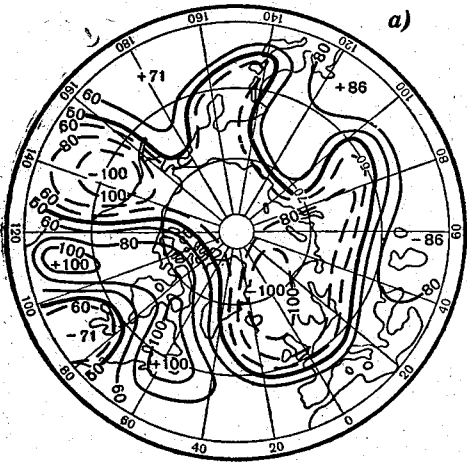
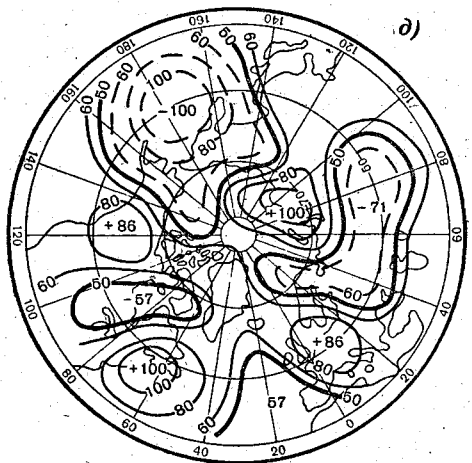
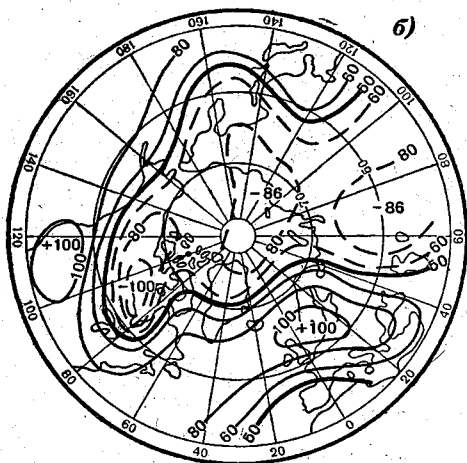


Рис. 3. Вероятность знака аномалий давления (а, б, в) и температуры (г, д, е) в апреле-июне шестой группы.

АПРЕЛЬ



МАЙ



ИЮНЬ

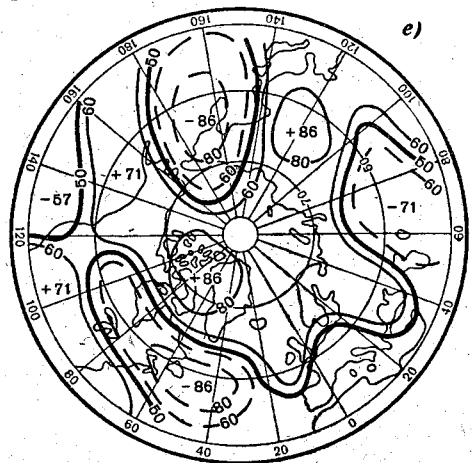
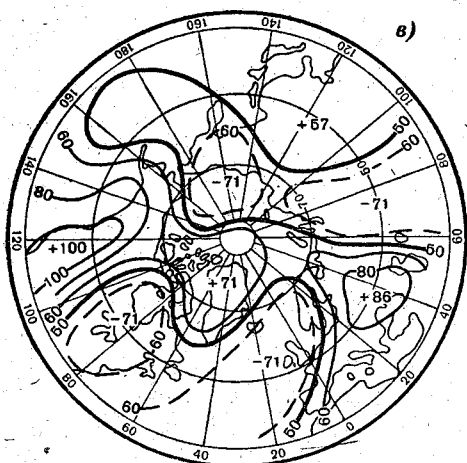


Рис. 4. Вероятность знака аномалий давления (а, б, в) и температуры (г, д, е) в апреле-июне седьмой группы.

давления над крайними северными районами Атлантики (это говорит о развитии над Атлантикой высотного гребня и возникновения торможения западно-восточного переноса) и западными районами континента Северной Америки, тогда как над Сибирью и Китаем наблюдается устойчивое формирование поля отрицательных аномалий давления. Вероятность локализации очагов с положительными аномалиями давления над этими районами составляет от 75 до 100%, с отрицательными — 75—88%.

В апреле (см. рис. 3, *а, г*), несмотря на преобладание зональных процессов как в первом, так и во втором секторах полушария существенное развитие получили и процессы меридиональной формы, о чем свидетельствует повышенная повторяемость процессов антициклогенеза над Канадой, Гренландией, Исландией, Западной Европой, Восточной Сибирью и Алеутскими островами. По восточным перифериям формирующихся гребней (канадского, европейского, сибирского, северо-тихоокеанского) происходят частые вторжения холодного арктического воздуха на районы умеренной зоны, что способствует формированию областей отрицательной аномалии температуры над Северной Атлантикой, ЕТС, Камчаткой и западными районами Северной Америки. Указанное расположение аномалий давления и температуры благоприятствует в мае месяце (см. рис. 3, *б, д*) развитию меридиональных процессов на полушарии. При этом над Северной Атлантикой существенно изменяется распределение аномалий температуры. Так, над центральными районами Северной Атлантики формируется преимущественно положительная аномалия температуры, а над Гренландией и Баффиновой Землей преобладает холодный арктический воздух, откуда он в тыловых частях циклонов имеет тенденцию распространяться на ЕТС. Во втором секторе полушария распределения аномалий давления и температуры характерно для типа M_2 .

В июне (см. рис. 3, *в, е*) на фоне преобладающих процессов W_m формы над центральными районами Северной Атлантики интенсифицируется циклоническая деятельность (чему способствовало увеличение кемпериаурных контрастов над этими районами в мае месяце), устойчиво формируются положительные аномалии давления над Гренландией и ЕТС. Развитие сибирской летней депрессии происходит на более низком фоне давления и на более высоком фоне температуры.

Над большей частью северного района Тихого океана образуется типичная для процессов типа M_1 положительная аномалия давления, а тот факт, что над этим районом формируется отрицательная аномалия температуры, свидетельствует об устойчивом развитии процессов данного типа.

Описанная ситуация, при повышенной повторяемости отрицательной аномалии температуры над Западной Европой и Англией, способствует будущему развитию процессов С-формы, усилению процессов торможения западно-восточного переноса на высотах и возникновению благоприятных условий для формирования в приземном слое области повышенного давления над Гренландией, севером Атлантики, Англией и Скандинавией, что и подтверждается картами для прогностического (июля) месяца (рис. 5, *а, б, в*).

Такое распределение аномалий температур в месяцах исходного периода является результатом влияния не только циклонической деятельности в соответствующих месяцах, но и некоторых других факторов, таких как лучистого теплообмена, состояние моря и суши, характера воздушных масс, вертикального и горизонтального обмена. В свою очередь и определенное распределение аномалий давления является индикатором совокупного влияния многих факторов земного

шестая группа

ИЮЛЬ

седьмая группа

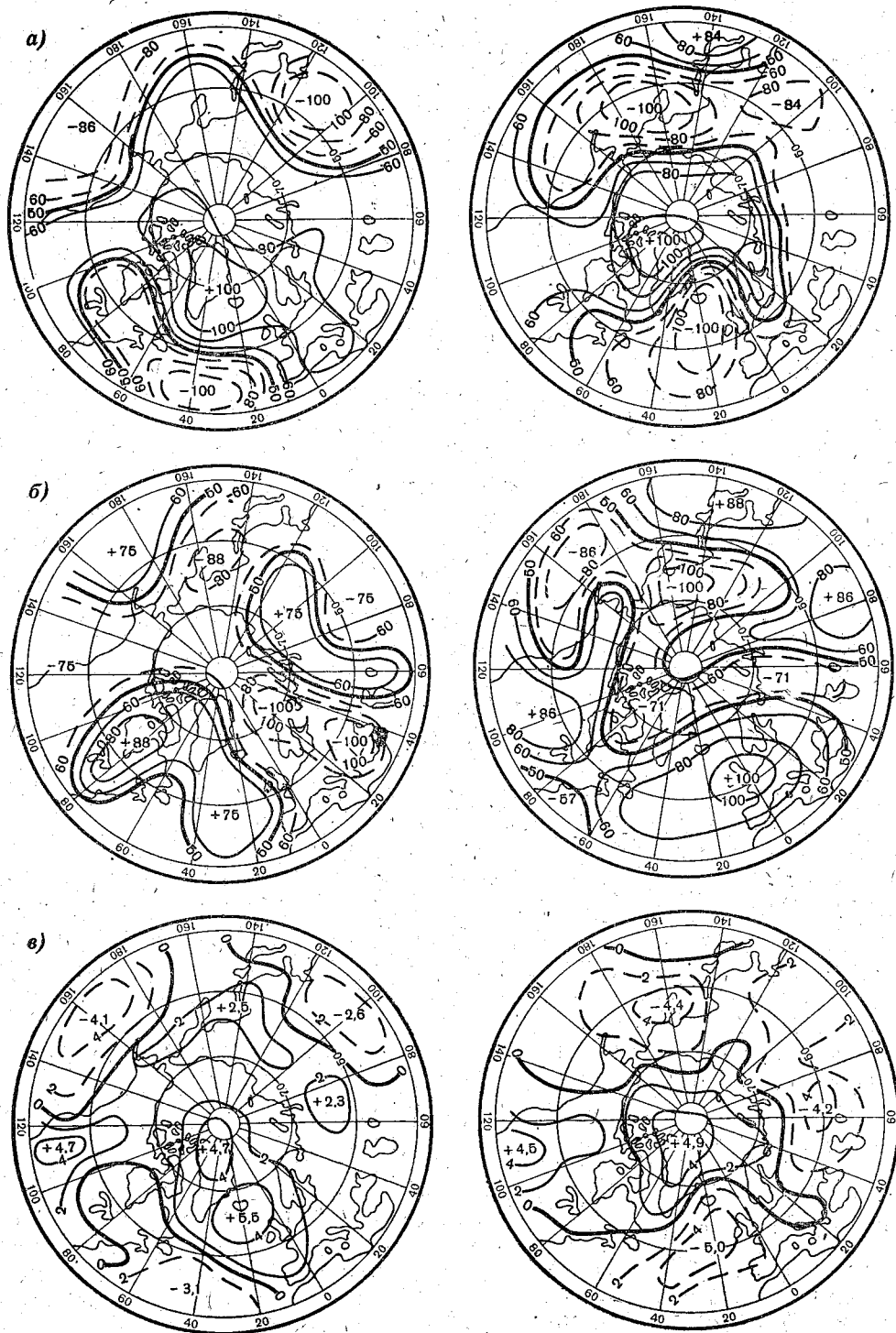


Рис. 5. Прогностические карты для шестой и седьмой групп:
а) вероятность знака аномалий давления, б) вероятность знака аномалий температуры, в) аномалии давления

и космического происхождения. В рамках настоящего исследования мы не ставим цель объяснить процесс формирования полей среднемесячных аномалий давления и температуры. Полученный материал позволяет лишь ориентировочно оценить вклад полей аномалий давления и температуры на пространственно-временную их изменчивость.

Сводить же весь процесс формирования рассматриваемых полей к процессу их адаптации (что нередко встречается в литературе) — значит слишком упрощать схему развития макропроцессов от месяца к месяцу.

Характер развития и преобразования форм атмосферной циркуляции в исследуемом периоде седьмой группы можно представить в виде схемы

$$(W + C)_{M_2} \xrightarrow{IV} C_{(3 + M_2)} \xrightarrow{V} E_{(M_2 + 3)} \xrightarrow{VI} C_{(M_2 + 3)} \xrightarrow{VII}$$

Особенностью распределения вероятностей положительной и отрицательной аномалий давления в апреле седьмой группы (см. рис. 4, а) является повышенная повторяемость (80—100%) отрицательной аномалии давления над северными районами Атлантики и северо-восточной частью Тихого океана, что свидетельствует об активизации исландского и алеутского минимумов, и преобладанием положительных аномалий давления (80—100%) над континентом Северной Америки и югом Евразии. При этом в тылах исландского и алеутского минимумов происходят частые вторжения холодного арктического воздуха соответственно в западные районы Северной Атлантики и центральные районы Тихого океана, где формируются очаги отрицательной аномалии температуры с вероятностью 80—86% (см. рис. 4, б). В теплых секторах циклонов, смещавшихся из системы исландского минимума по северу Европы, на континент Евразии поступает теплый средиземноморский воздух и здесь со 100-процентной вероятностью отмечаются температуры выше средних многолетних.

В мае (см. рис. 4, в, д), в связи с повышенной повторяемостью процессов С-формы, над Атлантикой преобладает положительная аномалия давления. Область, очерченная изолинией 100-процентной вероятности, располагается над Северным морем. Над Канадой, полюсом и Казахстаном активизируется циклоническая деятельность, здесь формируются очаги отрицательных аномалий давления с вероятностью 80—100%. Усиление межширотного обмена сказалось и на распределении по полушарию аномалий температуры. Положительные аномалии температуры локализуются в основном над большей частью районов Северной Атлантики, над Арктическим бассейном и западными районами Северной Америки, а отрицательные — над севером Тихого океана. Следует отметить, что повышенная повторяемость процессов антициклогенеза в этом месяце над Западной Европой является признаком, по которому в следующем месяце следует ожидать развития процессов восточной формы циркуляции.

В июне (см. рис. 4, в, г), на фоне развития процессов формы $E_{(3 + M_2)}$ формируется характер распределения аномалий давления и температуры, близкий к типовым картам аномалий давления и температуры при макропроцессе E_{M_2} [5]. Однако имеются и отличия. Так, пониженный фон давления над Канадой свидетельствует о развитии процессов зонального типа, а повышенная повторяемость процесса антициклогенеза над Гренландией позволяет предположить развитие процессов С-формы циркуляции в прогностическом (июле) месяце. При этом вследствие начавшегося процесса усиления арктического антициклона следует ожидать повышенного, относительно нормы, фона давления над поляр-

ными районами, а повышенная повторяемость отрицательных аномалий давления над Северной Атлантикой свидетельствует об активизации циклонической деятельности над этими районами, чего следует ожидать и в будущем (см. рис. 5, а, б, в).

Мы здесь умышленно рассмотрели две группы, в некотором отношении аналогичные по развитию макропроцессов на полушарии в прогностическом месяце, и показали, что даже в этом случае имеются достаточно четкие отличия характеристик типовых процессов как в прогностическом, так и в исходных месяцах. Следовательно, групповые карты имеют большое прогностическое значение. Они позволяют, так же как и графики циркуляции, определить, к какой группе процессов относится текущий исходный процесс. Эти карты, построенные путем обработки материалов по группе случаев, аналогичных по ряду характеристик на полушарии, а также по характеру синоптических процессов и их смене над Северной Атлантикой внутри прогностического месяца, отображая наиболее важные черты процессов, представляют возможность проследить за основными закономерностями развития, характерными для данной группы процессов, и рассмотреть те особенности термобарических полей, которые отмечаются в конкретные годы.

Основываясь на полученных прогностических материалах, можно предсказать основные особенности распределения аномалий давления и температуры, наиболее вероятную величину аномалий давления и, следовательно, тип барического поля над Северной Атлантикой в июле месяце. Поскольку основные особенности развития процессов той или иной группы лет формируются в результате аномального развития одной из основных форм циркуляции (или комбинации двух форм), а для каждой выделенной группы характерен свой особый тип развития и смены синоптических процессов над Северной Атлантикой внутри прогностического месяца, то это позволяет решить задачу составления детализированного месячного прогноза путем определения дат начала и конца и последовательности смены однотипных синоптических процессов.

Процесс составления таких прогнозов нами представлен в работе [4].

Как известно [3], при составлении прогнозов в ААНИИ используются гомологи циркуляции, т. е. годы, имеющие одинаковые генетические характеристики. Поэтому типовые карты и графики летних месяцев можно применять для того, чтобы из случаев, вошедших в фоновую [6, 7, 8] или сезонную [9] группу, выбирать те процессы, которые близки к ожидаемым, например, в июле, над Северной Атлантикой. Тем самым выбираются процессы, гомологичные по длительному развитию (15 месяцев) и в то же время близкие в этом месяце к процессам, ожидаемым по полученным выше связям.

Таким образом, на основе выделения однородных групп формирования определенных типов среднемесячного барического поля над Северной Атлантикой, предлагается способ составления прогнозов барического поля на месяцы летнего периода путем непосредственного использования типовых карт и графиков циркуляции или путем выбора из лет, вошедших в фоновый прогноз, лучших гомологов.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. В. Кондратович. Долгосрочный прогноз поля давления по району Северной Атлантики. Автореф. канд. дисс. Л., 1964 (фонд ЛГМИ).
2. Г. Я. Вангенгейм. Опыт изучения общей циркуляции атмосферы применительно к задаче построения метода долгосрочных гидрометеорологических прогнозов. Тр. Первой науч. конференции по общей циркуляции атмосферы. М., Гидрометеониздат, 1962.

3. А. А. Гирс. Основы долгосрочных прогнозов погоды. Л., Гидрометеиздат, 1960.
4. А. И. Савичев. Некоторые особенности атмосферных процессов в марте—мае и прогноз барического поля на июнь для Северной Атлантики. Тр. ЛГМИ, вып 30, 1968.
5. А. А. Гирс. Типовые характеристики атмосферной циркуляции в теплое время года. В сб. «Проблемы Арктики Антарктики», вып. 2. Л., Изд. «Морской транспорт», 1960.
6. А. А. Гирс. Некоторые особенности годовых преобразований форм атмосферной циркуляции и их прогностическое значение. Тр. Аркт. и Антаркт. ин-та, т. 253. Л., Изд. «Морской транспорт», 1961.
7. А. А. Гирс. Основные результаты исследования многолетних колебаний общей циркуляции применительно к проблеме сверхдолгосрочных гидрометеорологических прогнозов. Тр. Первой научн. конференции по общей циркуляции атмосферы. М., Гидрометеиздат, 1962.
8. А. А. Гирс. Внутригодовые преобразования форм атмосферной циркуляции и их прогноз. Тр. Всесоюзн. науч. метеорол. совещ., т. III, 1963.
9. Н. Д. Виноградов. Некоторые особенности преобразования форм атмосферной циркуляции в период март—август и способ детализации прогноза на июнь. Тр. Аркт. и Антаркт. ин-та, т. 262, Л., Гидрометеиздат, 1965.