

УДК 551.54

## Использование метода выделения структур для исследования динамики поля давления приземного слоя атмосферы на территории Северного полушария

Э.В. Иванова<sup>1,2</sup>, С.Г. Катаев<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН  
634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3

<sup>2</sup>Томский государственный архитектурно-строительный университет  
634003, г. Томск, пл. Соляная, 2

<sup>3</sup>Томский государственный педагогический университет  
634061, г. Томск, ул. Киевская, 60

Поступила в редакцию 17.05.2016 г.

Исследована динамика поля давления приземного слоя атмосферы на территории Северного полушария с помощью метода выделения структур. Определено пространственное распределение структур полей среднего месячного значения давления в Северном полушарии, произведено их картирование и оценена динамика за период 1955–2000 гг. В результате исследования были построены карты распределения классов поля давления над Северным полушарием и выявлены типовые поля.

*Ключевые слова:* циркуляция атмосферы, поле давления, классы, Северное полушарие, карты распределения; atmospheric circulation, pressure field, classes, Northern hemisphere, distribution map.

### Введение

Атмосферная циркуляция формирует пространственную структуру полей температуры и осадков вследствие перераспределения тепла и влаги атмосферными потоками. Долгопериодные изменения в системе «атмосфера–океан–криосфера» вызывают изменения в структуре крупномасштабной циркуляции, которые, в свою очередь, проявляются в региональных особенностях изменения климата и естественной климатической изменчивости.

Этим определяется важность анализа атмосферной циркуляции и ее изменений для понимания региональных изменений климата.

Имеется ли связь указанных изменений циркуляции с глобальным потеплением в настоящее время недостаточно ясно, хотя существует гипотеза, согласно которой потепление может проявляться в изменении относительной повторяемости некоторых «ведущих мод» климатической изменчивости [1].

В отличие от изменений температуры и осадков, которые могут изучаться непосредственно по данным наблюдений, изучение атмосферной циркуляции основано на использовании некоторых индексов, характеризующих те или иные циркуляционные структуры. В выборе этих индексов в значительной мере проявляется субъективизм исследователей. Как правило, расчет этих индексов основан на данных анализа полей давления и геопотенциала.

В частности, широко используются для этих целей данные реанализа NCEP/NCAR или ECMWF. Степень неоднородности этих данных весьма трудно оценить [2].

В атмосфере постоянно возникают, эволюционируют, перемещаются и затухают крупномасштабные барические системы – циклоны и антициклоны. Особенно хорошо выражены и часты они во внетропических широтах. Следствием этой циклонической деятельности и являются неперiodические колебания давления, достигающие 30 гПа, а иногда и больше.

В Северном континентальном полушарии поле давления значительно менее зонально, чем в Южном океаническом. Например, зимой в Северном полушарии существуют две огромные области низкого давления: над Северной Атлантикой и северным Тихим океаном. Среднее поле давления в Северном полушарии складывается из-за преобладания циклонов над антициклонами на севере Атлантического и Тихого океанов.

Типы годового хода давления разнообразны. Наиболее прост он над материками, где максимум давления приходится на зиму и минимум на лето, а годовая амплитуда растет с удалением от океанов [3]. Хорошо выражен годовой ход и на окраинах материков в муссонных областях. Например, в Токио максимум в ноябре и минимум в июне, годовая амплитуда 9 гПа, во Владивостоке максимум в январе и минимум в июле, годовая амплитуда почти 14 гПа, в Бомбее максимум в январе и минимум в июне, годовая амплитуда 10 гПа.

В высоких широтах океанов максимум наблюдается ранним летом, а минимум зимой. Например,

\* Элла Владимировна Иванова (ehllai@rambler.ru); Сергей Григорьевич Катаев (sgkataev@sibmail.com).

на Ян-Майене максимум 1020 гПа в мае и минимум 1001 гПа в январе (амплитуда 19 гПа). В средних широтах океанов нередок двойной ход давления — с максимумами летом и зимой и с минимумами весной и осенью, амплитуда в данном случае невелика. В тропических океанах годовой ход давления выражен слабо. Объясняются эти типы годового хода давления сезонными изменениями в циклонической деятельности. Над океанами умеренных широт циклоны зимой глубже, чем летом. Над материками летом преобладают области пониженного давления, а зимой — антициклоны. Над субтропическими частями океанов круглый год господствуют антициклоны, но они испытывают сезонные смещения, и к тому же в Северном полушарии они сильнее выражены летом, чем зимой [3].

В работе [4] по данным наблюдений за 1975–2005 гг. для азиатской территории России выполнен анализ полей температуры, давления и осадков. Рассчитаны как средние поля этих величин, так и поля их линейных трендов для указанного интервала времени. Выявлено, что одним из основных факторов, определяющих природную изменчивость климата, считается изменчивость в атмосферной и океанической циркуляции, выравнивающей температурные градиенты между низкими и высокими широтами. Представляется, что динамика поля давления определяется динамикой центров действия атмосферы (ЦДА) Северного полушария: Исландского и Алеутского минимумов, летней Азиатской депрессией и зимним Сибирским максимумом. Уменьшение давления вдоль побережья арктических морей, по-видимому, связано с уменьшением давления в Центральной Арктике в период 1979–1994 гг. Поле давления характеризуется отрицательными трендами во все месяцы, кроме июля, августа, ноября и декабря, в которые изменение либо отсутствует (июль, август), либо является слабоположительным (ноябрь, декабрь). Для среднегодового давления найдена оценка — 0,22 гПа/10 лет при среднеквадратичном отклонении 0,17 гПа/10 лет.

На основании нового подхода к изучению циркуляционных объектов на Северном полушарии физико-статистическим способом в работе [5] рассмотрены изменения динамики циркуляционного режима на полушарии в различные периоды состояния земной климатической системы. Сформулирован вывод, что в разные естественные климатические периоды состояния земной климатической системы имеют место различия в интенсивности и положении отдельных ЦДА. Периоду стабилизации соответствует менее глубокое состояние Исландского и Алеутского минимумов и их сближение, в то время как в начале второй волны глобального потепления их интенсивность возросла и они разошлись: Исландский минимум к западу, Алеутский минимум к востоку. Среди антициклонических центров действия во вторую волну глобального потепления наиболее активными оказались Арктический и зимний Азиатский антициклоны. Выявленные особенности распределения поля приземного давления согласуются с региональными климатическими изменениями.

В работе [6] определены элементарные циркуляционные механизмы (ЭЦМ) в атмосфере Северного полушария в соответствии с классификацией, разработанной под руководством Б.Л. Дзержевского, по настоящее время. Проанализированы изменения суммарной годовой продолжительности каждого ЭЦМ за 1899–2013 гг. и определены особенности циркуляции атмосферы Северного полушария в XXI в. на фоне ее изменений с 1899 г. Выявлено, что с 1957 г. началась меридиональная южная эпоха. В ней в 2,5 раза продолжительнее средней оказались ЭЦМ с циклонической циркуляцией на Северном полюсе, без блокирующих процессов, с несколькими одновременными выходами южных циклонов на Северном полушарии. Отмечено, что эта эпоха делится на периоды с повышенной продолжительностью какой-либо группы циркуляции при общем преобладании меридиональной южной. Так, в период увеличения продолжительности меридиональной северной циркуляции в 1957–1969 гг. наибольшей продолжительностью отличались ЭЦМ с двумя–четырьмя выходами южных циклонов и столькими же блокирующими вторжениями в их тылу. Период нового увеличения суммарной годовой продолжительности зональной группы и нарушения зональности (1970–1980 гг.) был аналогичен зональной эпохе. В период быстрого роста меридиональной южной циркуляции (1981–1997 гг.) ее суммарная годовая продолжительность превышала 200 дней в году при средней продолжительности 48 дней. Период 1998–2013 гг. характеризовался уменьшением продолжительности меридиональной южной циркуляции и ростом меридиональной северной.

Для территории Западной Сибири в работе [7] были получены средние поля температуры воздуха и давления, а также поля их линейных трендов для временного интервала 1976–2014 гг. и отдельно для периодов с 1976 по 2005 г. и с 1985 по 2014 г. Сказано, что при исследовании климата региона, представляющего собой ограниченную территорию, особенно важно учитывать изменение характеристик циркуляции атмосферы. Изменения циркуляции выявляются через поля зональной и меридиональной составляющих скорости ветра в нижней тропосфере, а также характеристик вихревой циркуляции. В качестве индексов, описывающих основные циркуляционные моды атмосферы над Западной Сибирью, из набора циркуляционных индексов Северного полушария были выбраны: индекс Арктической осцилляции (АО) и Скандинавский индекс (SCAND). Во временном ходе индексов глобальной циркуляции с 1976 по 2014 г. выявлено, что со второй половины 90-х гг. для АО обозначился переход от положительной фазы индекса к отрицательной, а для SCAND — наоборот. Уменьшение индекса АО говорит о снижении приземной температуры в умеренных широтах. Положительные же фазы индекса SCAND отвечают за развитие блокирующих систем над Скандинавским полуостровом, препятствующих западному переносу и приводящих к понижению температуры на территориях, расположенных восточнее.

Целью данной работы является выявление динамики поля давления приземного слоя атмосферы на территории Северного полушария с использованием метода выделения структур (МВС). Для достижения этой цели авторами была решена задача оценивания динамики пространственного распределения структур (классов) полей среднего месячного значения давления в Северном полушарии.

## Методы и материалы

В данном случае классификация поля давления направлена на разбиение исследуемого пространства на отдельные непересекающиеся области (классы) и проведение анализа характеристик как внутри каждого класса, так и между классами. В частности, привязка классов к ландшафтам позволяет понять роль подстилающей поверхности при формировании климата. Эта задача решается с помощью представления исходных данных в виде таблицы (матрицы), в которой строки — это время, столбцы — пункты наблюдения.

Материалом исследования послужила база среднего месячного давления в узлах сетки за период 1955–2000 гг. в Северном полушарии. База данных представлена в виде матрицы в программе DOS.

Для изучения динамики поля давления приземного слоя атмосферы на территории Северного полушария был использован МВС, алгоритм которого изложен в работах [8, 9].

Следует отметить, что МВС относится к кластерным методам, т.е. является процедурой, позволяющей либо провести разложение данных на структуры, либо обнаружить в них заранее заданные структуры. Здесь структуры в данных наблюдений — это математические структуры, которые отражают совокупное проявление скрытых связей между переменными системы.

Фактически МВС реализует скрытый алгоритм, присутствующий в определении понятия математической структуры: «Структуры математические — родовое название, объединяющее понятия, общей чертой которых является то, что они применимы к множествам, природа элементов которых не определена. Чтобы определить структуру, задают отношения, в которых находятся элементы множества, затем постулируют, что данные отношения удовлетворяют условиям — аксиомам структуры» [10].

## Обсуждение полученных результатов

В настоящей статье рассмотрены характеристики и динамика структур поля давления в годовом ходе над Северным полушарием.

Районирование территории с использованием временных рядов давления в заданном ареале направлено на нахождение естественных структур, т.е. районов, обладающих похожим поведением. Привязка получаемых таким образом структур (классов) к ландшафту позволяет приблизиться к оценке причин формирования и выделения однородных зон.

В качестве характеристик классов поля давления использованы: количество станций, попадающих в каждый класс  $N$ , среднее значение давления  $\bar{P}$ , дисперсия  $\sigma^2$  для каждого класса, доля дисперсии, характеризующая связность внутри класса и др. В табл. 1 приведены характеристики классов поля давления в годовом ходе.

С применением МВС для каждого календарного месяца были получены структуры (классы). Для каждого класса рассчитаны средняя температура и площадь  $S_i$ , занимаемая классом, выраженная в относительных единицах (%):  $S_i = N_i / Q \cdot 100$ ;  $N_i$  — количество точек, попавших в класс;  $Q$  — общее число точек;  $i$  — номер класса.

Таблица 1

Характеристики классов поля давления в годовом ходе

№ класса	$N$	$\bar{P}$	$\sigma^2$	$S$	№ класса	$N$	$\bar{P}$	$\sigma^2$	$S$
<i>Январь</i>					<i>Июль</i>				
1	12	1003,5	52,6	4,2	1	8	998,5	1,0	2,8
2	4	1003,8	43,1	1,4	2	3	1001,2	6,6	1,0
3	2	1005,0	<b>68,5</b>	0,7	3	36	1010,6	11,8	12,5
4	2	1006,8	13,4	0,7	4	2	1010,9	<b>16,6</b>	0,7
5	9	1008,7	44,9	3,1	5	148	1011,3	2,1	<b>51,4</b>
6	15	1009,8	58,7	5,2	6	4	1011,3	8,4	1,4
7	5	1009,9	43,0	1,7	7	43	1011,7	10,5	14,9
8	2	1013,4	29,6	0,7	8	7	1012,5	6,1	2,4
9	6	1014,5	32,2	2,1	9	3	1015,2	7,3	1,0
10	5	1014,5	42,3	1,7	10	3	1015,3	5,7	1,0
11	5	1014,5	31,6	1,7	11	2	1017,4	3,4	0,7
12	120	1017,3	8,1	<b>41,7</b>	12	3	1017,6	7,2	1,0
13	2	1017,4	29,1	0,7	13	3	1022,7	5,1	1,0
14	46	1017,9	37,7	16,0	14	3	1023,0	6,3	1,0
15	16	1020,3	38,7	5,6	15	4	1023,1	<b>0,9</b>	1,4
16	2	1025,8	33,2	0,7	16	3	1025,5	1,9	1,0
17	6	1025,9	26,4	2,1	17	2	1026,0	1,9	0,7
18	3	1028,3	7,6	1,0					
19	8	1032,7	<b>6,8</b>	2,8					
20	3	1038,6	9,3	1,0					

Результаты классификации ранжировались таким образом, что в 1-й класс попадали территории с самыми низкими значениями давления, а в 20-й (последний) с самыми высокими. Эта процедура позволила сравнивать классы (по крайней мере, 1-й и 20-й) между собой за различные месяцы и таким образом выявлять эволюцию поля давления.

В табл. 1 приведены характеристики классов поля давления в годовом ходе. Здесь полужирным выделены максимальные и минимальные значения дисперсии, а также максимальные площади, занимаемые одним классом.

Анализ табл. 1 показывает, что количество станций, попадающих в один класс, меняется в пределах от 2 до 120 для января и до 148 для июля. Минимальное среднеклассовое значение давления для января составляет 1003,5 гПа (1-й класс), а максимальное — 1038,6 гПа (20-й класс). Для июля минимальное среднеклассовое значение давления составляет 998,5 гПа (1-й класс), а максимальное — 1026,0 гПа (17-й класс).

По среднему значению давления и номеру класса было построено пространственное распределение классов поля давления в годовом ходе над Северным полушарием. На рис. 1 (цв. вкладка) белыми изолиниями выделены изобары по значениям давления в каждой точке.

Из совместного анализа табл. 1 и рис. 1 следует, что наибольшей устойчивостью в течение года обладают такие месяцы, как март, апрель, ноябрь и декабрь. В эти месяцы наибольшее количество точек (до 130) относятся к одному классу, который занимает наибольшую площадь исследованной территории и характеризуется минимальным изменением значения давления внутри класса с дисперсией от 3,4 до 5,6.

Так, в марте 11-й класс характеризует область повышенного давления на большей части Северного полушария со средним значением давления 1015,8 гПа. В апреле давление постепенно понижается и на большей части Северного полушария уже наблюдается 7-й класс со средним значением давления 1014,6 гПа, т.е. условно происходит переход от 11-го к 7-му классу (см. рис. 1). В ноябре данную область характеризует стабильно устойчивый 9-й класс со средним значением давления 1016,1 гПа, который переходит в декабре в 12-й класс с повышением давления до 1016,8 гПа (см. рис. 1).

Наибольшая изменчивость поля давления (дисперсия 91,4) наблюдается в феврале для 11-го класса (две точки), который находится в Карском море в районе Обской Губы (см. рис. 1). Эта область в данном месяце характеризуется большими градиентами давления, возникающими между северной границей Сибирского антициклона и траекторией прохождения полярных (арктических) циклонов (циркуляционный блокирующий процесс).

Значительной изменчивостью поля давления также обладает 3-й класс в январе (дисперсия 68,5), в него входят две точки, местоположение которых определяется вдоль береговой линии в северо-западной части Северной Америки в районе расположения Алеутского минимума. Здесь хорошо выражен кон-

траст значений давления между океаном и сушей в зимний период (см. рис. 1).

Повышенная изменчивость поля давления в марте (дисперсия 63,7) характерна для территории Северного полюса — 16-й класс, где четко прослеживается область больших градиентов значений давления между траекторией прохождения циклонов вдоль северных морей и устойчивого Арктического антициклона, который, по мнению автора [5], стал наиболее активен в период с 1970 по 1989 г. и углубился на 1,9 гПа (в марте давление в центре может достигать 1027,0 гПа).

Наименьшая изменчивость (дисперсия 0,9) поля давления характерна для летнего периода — июня и июля. В июне наименьшую изменчивость характеризует 18-й класс (3 точки), а в июле — 15-й класс (4 точки), которые показывают незначительные колебания поля давления в центральной части Азорского антициклона. Это говорит о синхронном изменении поля давления и стабильности выделенных классов.

Наибольшую площадь 39–42% с декабря по февраль занимает 12-й класс — область повышенного давления, что характерно для зимнего периода года.

С мая по июль наибольшую площадь занимают 4-й и 5-й классы — области нормального и пониженного давления, которые характерны для летнего периода года.

В переходные сезоны давление растет и падает постепенно: так, в осенний период наибольшую площадь 41,3–51,4% занимают 9, 11 и 17-й классы (см. рис. 1), а в весенний период наибольшую площадь 45,1% занимает 7-й класс в апреле.

В табл. 2 приведена сопряженность выделенных классов в годовом ходе. Сопряженность для каждой точки, попавшей в класс, характеризуется теснотой связи, которая выражается коэффициентом корреляции. В качестве сопряженности понимается коэффициент корреляции, который характеризуется некоторым временным ходом, отражающим общее поведение поля давления в годовом ходе. Значения сопряженности выделенных классов отличаются в зависимости от соотношения вклада первой и второй компоненты в формирование ряда в конкретной точке. В данной таблице сопряженность приведена только в соответствии с первой компонентой. Полужирным шрифтом выделены максимальные и минимальные значения сопряженности классов поля давления в годовом ходе.

Анализ табл. 2 показывает, что в каждом месяце в течение всего года выделяется класс, который занимает наибольшую территорию, при этом сопряженность для таких классов ниже в несколько раз, чем сопряженность, характерная для всей территории. Для более мелких классов сопряженность увеличивается в 2–3 раза. Так, для января доминирующий 12-й класс (120 точек, см. табл. 1) имеет сопряженность 32,1, а более мелкий 16-й класс (2 точки, см. табл. 1) имеет сопряженность в 3 раза больше — 97,8. Это говорит о том, что наиболее крупные классы не описывают общее поведение распределения поля давления.

Таблица 2

## Сопряженность выделенных классов поля давления в годовом ходе

№ класса	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	66,5	56,0	<b>96,9</b>	91,3	93,0	57,1	57,4	87,1	72,6	<b>96,2</b>	74,0	80,6
2	82,0	84,9	63,5	92,0	91,5	89,7	90,0	69,4	<b>97,4</b>	85,4	53,5	70,1
3	<b>95,5</b>	85,0	93,3	87,9	86,2	30,3	89,9	90,9	86,6	87,9	<b>98,2</b>	91,0
4	71,4	90,1	90,0	90,3	27,4	78,8	<b>95,7</b>	60,4	70,0	91,7	73,4	66,3
5	83,8	82,0	87,4	75,4	92,6	91,3	<b>21,0</b>	88,9	93,2	91,5	63,6	60,0
6	65,3	49,2	41,9	53,4	94,0	56,2	86,1	85,0	61,8	<b>95,2</b>	<b>96,7</b>	<b>98,4</b>
7	90,1	91,0	75,3	<b>22,3</b>	94,5	54,0	51,4	69,3	<b>95,0</b>	64,4	88,9	<b>96,7</b>
8	90,2	88,5	92,3	78,7	76,5	81,7	66,3	51,5	54,6	94,0	75,8	86,9
9	61,8	80,4	84,0	67,6	86,8	93,9	87,0	<b>22,1</b>	92,0	38,8	25,6	87,6
10	79,3	84,5	90,8	97,5	77,2	<b>25,9</b>	88,0	83,5	94,4	86,7	<b>95,4</b>	92,2
11	90,7	<b>99,0</b>	27,7	63,0	60,8	92,7	85,2	94,1	<b>22,5</b>	88,2	56,8	49,1
12	32,1	33,9	<b>96,3</b>	<b>97,3</b>	93,3	<b>97,9</b>	99,4	64,6	76,0	61,5	83,0	26,0
13	<b>95,3</b>	94,6	86,8	<b>95,9</b>	41,7	81,9	92,9	80,1	94,4	<b>99,4</b>	91,4	93,3
14	87,0	<b>97,9</b>	<b>95,4</b>	77,4	91,3	90,2	76,0	<b>97,7</b>	86,4	93,5	96,2	83,8
15	80,6	68,0	83,7		92,6	<b>99,2</b>	58,8	84,8	<b>96,9</b>	<b>95,9</b>	<b>96,3</b>	<b>96,8</b>
16	<b>97,8</b>	<b>96,8</b>	<b>96,9</b>			41,6	77,3	88,7	92,6	88,8	83,5	93,0
17	87,5	77,3	77,7			<b>95,9</b>	89,8	80,2	90,8	27,0	93,7	<b>97,3</b>
18	61,1	94,9	78,7			75,7		86,8		82,5	90,2	89,1
19	44,4	87,0	74,0			<b>95,8</b>				91,0		69,0
20	88,8					<b>96,2</b>				55,9		93,0
21												<b>95,0</b>
22												88,7

Исследование динамики структуры поля давления проводилось следующим образом. Весь интервал в 45 лет разбивался на три периода: 1) с 1955 по 1970 г.; 2) с 1970 по 1985 г.; 3) с 1985 по 2000 г. Для каждого периода проводилась процедура классификации и находилась пространственная структура классов для каждого месяца.

Для исследования конфигурации годового хода значений давления и для различия скорости роста и падения этих значений была использована величина размаха. Величина размаха характеризует контрастность поля давления: чем выше размах, тем сильнее степень контрастности.

Итак, на материках максимальное давление наблюдается зимой, минимальное — летом. Наиболее резко они выражены в высоких широтах и слабее всего в экваториальных странах. Здесь прослежива-

ется совершенно явная связь с температурами. Зимнее охлаждение и уплотнение нижних слоев атмосферы создают условия для повышенного давления, летнее прогревание приводит к явлениям обратного порядка. На побережьях и островах максимум давления чаще всего наблюдается летом, а минимум — поздней осенью.

На рис. 2–3 представлена временная динамика минимального и максимального давления классов и их разности (размаха) за исследуемый период.

Анализ рис. 2–3 показывает, что минимальные значения давления классов падают с мая по август на 10 гПа, когда происходит активный рост минимальных температур воздуха. Это можно объяснить увеличением циклонической деятельности в этот период, нагревом подстилающей поверхности и переносом тепла с Атлантики.

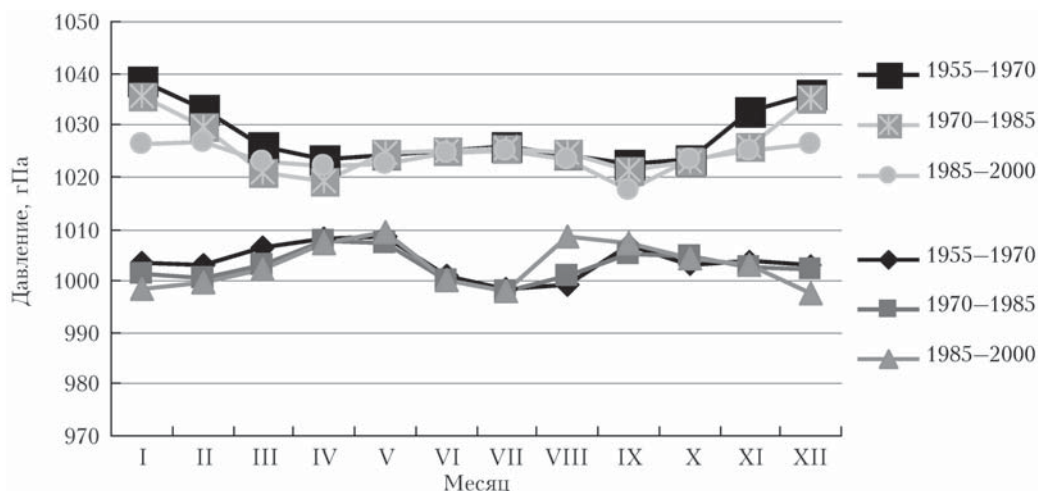


Рис. 2. Годовой ход минимального и максимального среднего классового давления за исследуемые периоды

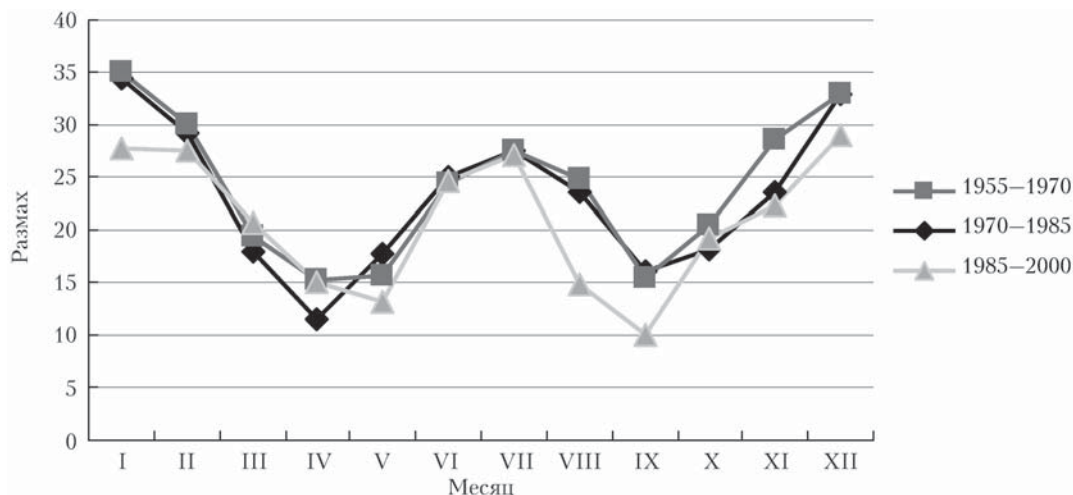


Рис. 3. Годовой ход размаха за исследуемые периоды

Рост максимальных значений давления классов начинается с сентября по январь и составляет для первого периода — 16,2 гПа, второго — 14,3 гПа и третьего — 8,9 гПа. Следует отметить, что минимальные значения давления растут быстрее, чем максимальные, но их падение также происходит быстрее.

Величина размаха характеризует контрастность поля давления, и чем больше разность, тем сильнее степень контрастности. Так, рис. 3 показывает, что разность значений давления классов к третьему периоду сократилась на 5–10 гПа, что говорит о сглаживании поля давления на территории Северного полушария.

В результате исследования были построены пространственные карты распределения классов поля давления над Северным полушарием. Выявлены типовые поля, которые условно можно разделить на три типа.

*Первый тип* характеризуется особенностями циркуляции, происходящими в атмосфере в зимний период. Согласно [6] его особенности связаны с повышением продолжительности дней с меридиональной северной циркуляцией, для которой характерно формирование блокирующих процессов в тылу западных и южных циклонов.

На рис. 4, а (цв. вкладка) представлено типовое поле, которое свойственно для зимнего периода. Наибольшую площадь занимает 12-й класс — область повышенного давления. Классы 18–19 в январскую часть года, зимнюю в Северном полушарии, показывают местоположение Азорского и Гавайского максимумов, образуя два очага высокого давления (до 1040 гПа в центре).

Классы 1–5 характеризуют области низкого давления: первая область находится над Лабрадорской котловиной Атлантического океана и простирается до Норвежского и Баренцева морей; вторая область наблюдается над Беринговым морем, давление в центре этих областей немного меньше 1005 гПа.

*Второй тип* распределения классов поля давления связан с особенностями циркуляции, происходящими в атмосфере в летний период, а именно, с преобладанием меридиональной южной циркуля-

ции. Согласно [11] здесь устанавливается антициклон, препятствующий прохождению средиземноморских циклонов к северу, в результате чего при нем часто формируются наводнения на Кавказе и Алтае.

На рис. 4, б представлено типовое поле, характерное для летнего периода. В летнюю часть года на суше давление нормальное или пониженное — наибольшую площадь занимает 5-й класс со среднеклассовым значением давления 1011,2 гПа, в тропиках Южной Азии стоит глубокий (998 гПа) Ирано-Тарский минимум — 1-й класс.

Области высокого давления (классы 14–17) спускаются к экваториальной зоне и располагаются над Атлантическим и Тихим океанами с максимальными значениями 1026 гПа в центре.

Наиболее сложным типом распределения поля давления является *третий тип* поля, который включает в себя признаки как первого, так и второго полей. На рис. 5 (цв. вкладка) приведено распределение классов поля давления для весеннего переходного периода (апрель) и для осеннего переходного периода (сентябрь).

На рис. 5, а показано устойчивое образование и развитие Гавайского и Азорского максимумов — 19-й и 20-й класс соответственно. На рис. 5, б на фоне повышенного давления происходит формирование Алеутского и Исландского минимумов.

Анализ карт показывает, что в одних областях поверхности Земли циклоны преобладают над антициклонами, и поэтому там образуются ЦДА с пониженным давлением (например, на севере Атлантического океана Исландская депрессия). В других, наоборот, антициклоны наблюдаются чаще, чем циклоны, и тогда зарождаются ЦДА с повышенным давлением (как Азорский антициклон в субтропиках Атлантического океана).

Вместе с экваториальной ложбиной субтропические антициклоны смещаются к северу в июле и к югу в январе. Следовательно, в обеих сторонах от экватора происходит резкое сезонное изменение направления преобладающих барических градиентов и в итоге преобладающих ветров.

Сезонное преобразование поля давления связано с перераспределением масс воздуха между материками и океанами: зимой преобладает перенос воздуха с охлажденного материка на океан, а летом со сравнительно холодного океана на теплый материк.

### Заключение

Предлагаемая на основе МВС методика выявления областей с приблизительно одинаковым годовым ходом давления позволяет по-новому взглянуть на проблему выделения и формирования центров действия атмосферы, оценить их динамику в годовом ходе и более объективно обосновать их географическое положение. Анализ поведения во времени основных среднеклассовых характеристик поля давления, в частности, показал устойчивость структуры поля среднемесячных значений приземного давления в масштабе всего Северного полушария за весь период исследования. Это, в свою очередь, дает основание сделать вывод об отсутствии постоянно действующих серьезных факторов, оказывающих направленное влияние на климатическую систему Земли.

1. *Hasselmann K.* Linear and nonlinear signatures // *Nature* (Gr. Brit.). 1999. V. 398. P. 755–756.
2. *МГЭИК*, 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад / Под ред. Р.К. Пачаури, А. Райзингер и др. Женева: МГЭИК, 2007. 104 с.

3. *Хромов С.П., Петросян М.А.* Метеорология и климатология. М.: МГУ, изд-во «Колос С», 2006. 582 с.
4. *Иттолитов И.И., Кабанов М.В., Логинов С.В., Харюткина Е.В.* Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. // *Ж. Сиб. федеральн. ун-та. Биология*. 2008. Т. 1, № 4. С. 323–343.
5. *Морозова С.В.* Комплексный анализ основных центров действия атмосферы Северного полушария // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Науки о Земле*. 2013. Т. 13, № 1. С. 38–44.
6. *Кононова Н.К.* Влияние циркуляции атмосферы Северного полушария на формирование стихийных бедствий на территории России в XXI в. // *ГеоРиск*. 2014. № 3. С. 22–40.
7. *Харюткина Е.В., Логинов С.В., Мартынова Ю.В.* Изменчивость атмосферной циркуляции в условиях происходящих климатических изменений в Западной Сибири в конце XX и начале XXI в. // *CITES*. 2015. С. 93–95.
8. *Кусков А.И., Катаев С.Г.* Проблемы исследования геофизических полей // *Вестник ТГПУ*. 2000. Т. 2, № 18. С. 21–27.
9. *Катаев С.Г.* Алгоритмические и программные средства аналитического и неразрушающего контроля параметров природной среды на основе метода выделения структур: Дис. ... докт. тех. наук: 05.11.13. Томск, 2013. 355 с.
10. *Ильичёв Л.Ф., Федосеев П.Н., Ковалёв С.Н., Панов В.Г.* Философский энциклопедический словарь. М.: Сов. энциклопедия, 1983. 840 с.
11. *Кононова Н.К.* Связь стихийных бедствий в России в 2013 и 2014 гг. с циркуляцией атмосферы Северного полушария // *Сложные системы*. 2014. № 4(13). С. 46–60.

*E.V. Ivanova, S.G. Kataev. Use of the method of allocation of structures for the study of dynamics of the surface air pressure field in the Northern hemisphere.*

The dynamics of the surface air layer in the Northern hemisphere is studied by the method of allocation of structures with the use of the air pressure field. The spatial distribution of the fields of monthly average values of pressure in the Northern hemisphere is found and mapped; their dynamics is estimated in the period 1955–2000. The pressure field class distribution maps have been built over the Northern hemisphere and the typical fields were found.

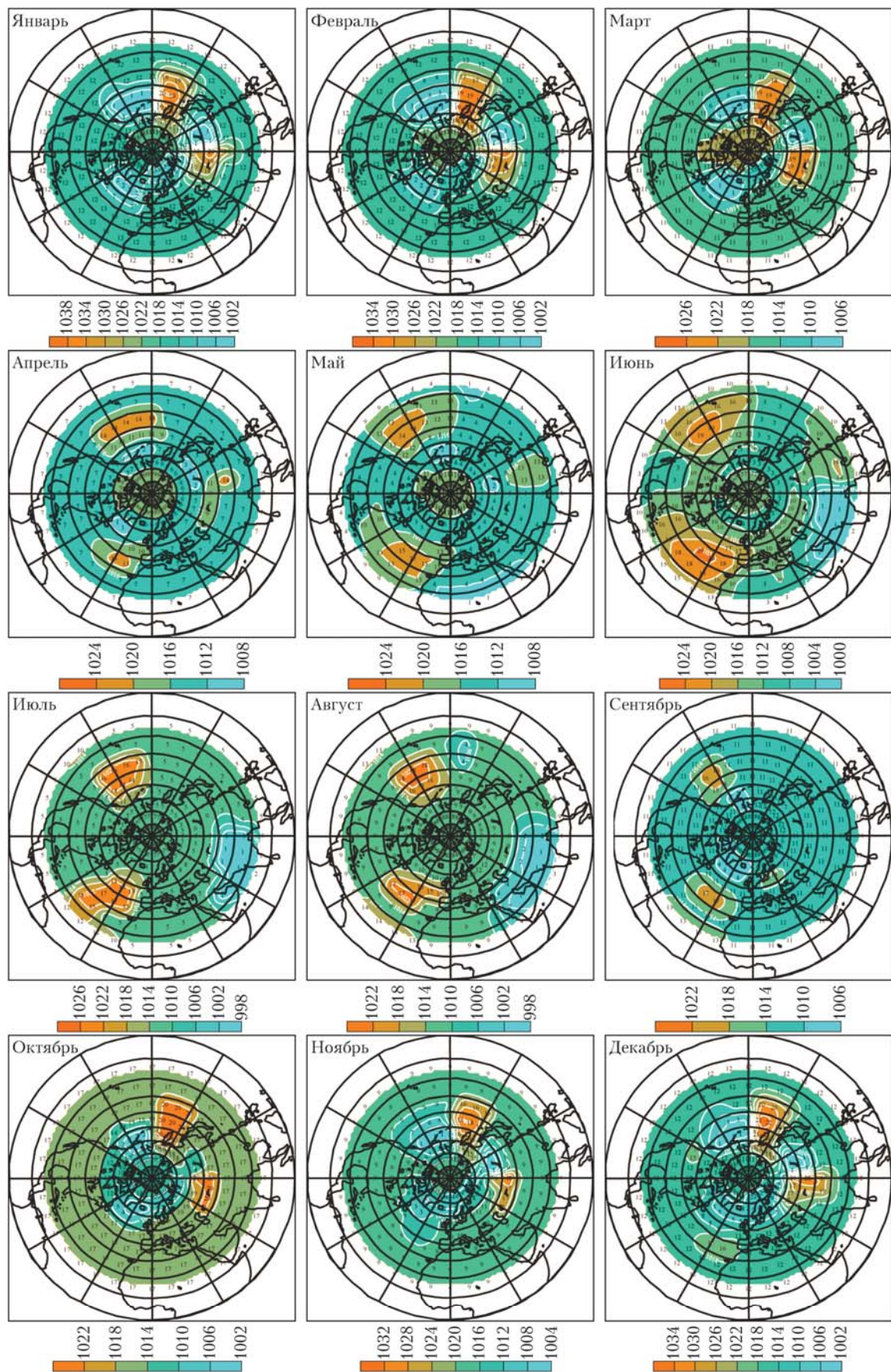


Рис. 1. Пространственное распределение классов поля давления в годовом ходе над Северным полушарием



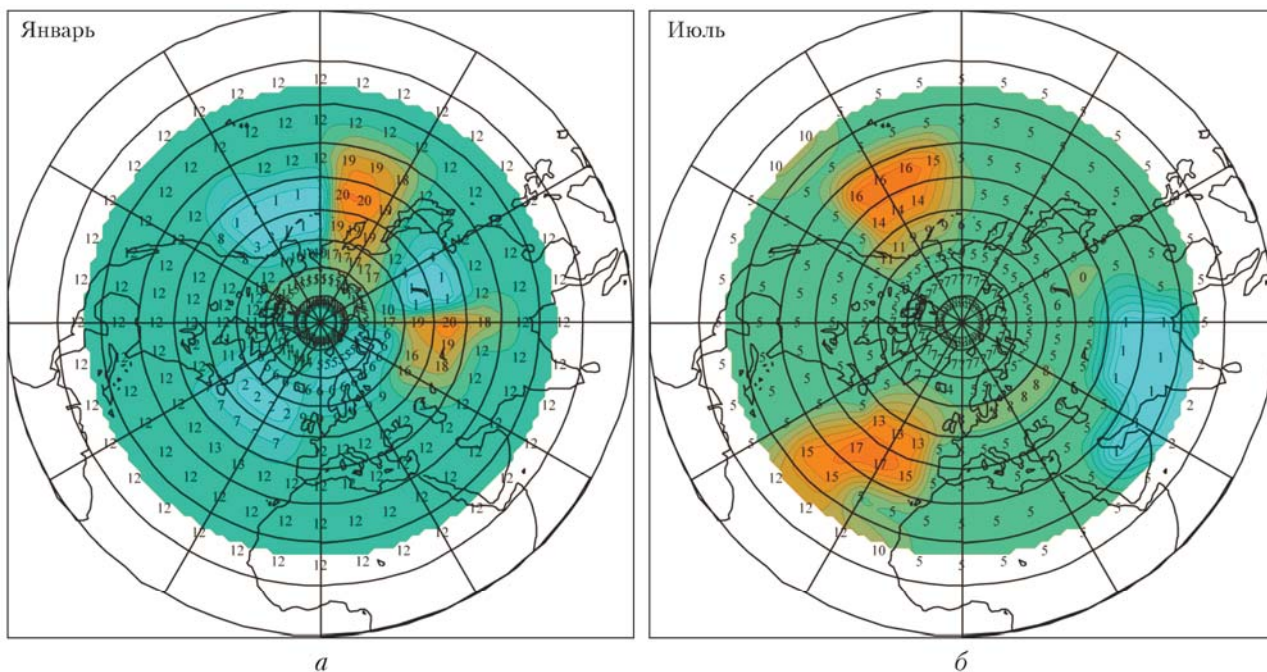


Рис. 4. Распределение классов поля давления над Северным полушарием: в январе (а); в июле (б)

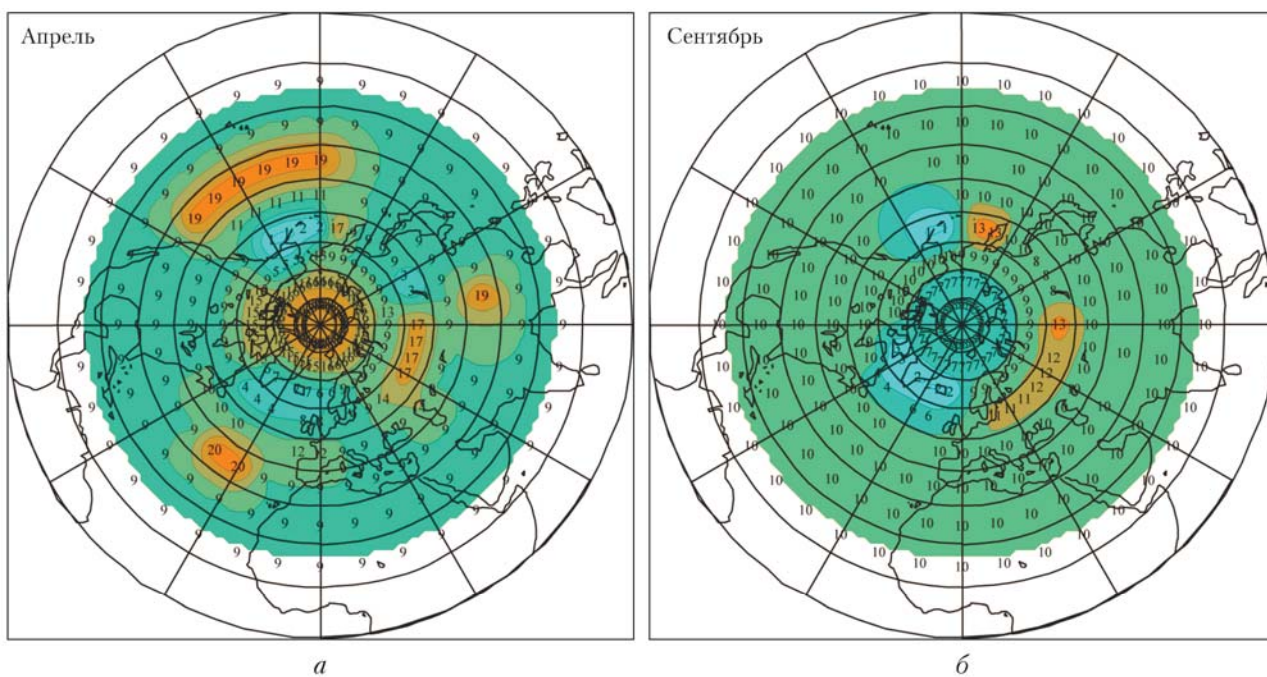


Рис. 5. Распределение классов поля давления над Северным полушарием: для весеннего переходного периода (апрель) (а); для осеннего переходного периода (сентябрь) (б)