

через нее. Отличительные особенности поля вероятности при южных и местных циклонах заключаются в том, что поле вероятности при местных циклонах более размыто. Структура поля вероятности при ныряющих циклонах очень сложная с замкнутым очагом минимальных вероятностей в центральной части области, к востоку и западу значения вероятностей возрастают от 50 до 80 %. При воздействии антициклонической группы процессов в районе Бакчарского и Васюганского болот отмечается замкнутый очаг минимальных вероятностей с абсолютными значениями 5–10 % в зависимости от типа процесса. При этом

на севере области отмечаются вероятности со значениями около 20–30 %. Аналогичная структура поля вероятности отмечается и при малоградиентных полях. Различие заключается лишь в абсолютных значениях вероятностей.

Таким образом, в районах Бакчарского и Васюганского болот и центре области вероятности выпадения осадков изменяются от 5–10 % до 85–90 %, для других районов Томской области диапазон изменения вероятности выпадения осадков меньше – от 20–25 % до 80–85 %. Это свидетельствует о том, что осадки в значительной степени формируются под воз-

Литература

1. Ерофеева А.И. Циркуляционные особенности дефицита и избытка осадков на юге Западной Сибири в начале лета // Межвузовская науч. конф. Омский гос. пед. ин-т. Географ. секция. Омск, 1967.
2. Жаков С.И. Происхождение осадков в теплое время года. Л., 1966.
3. Кошинский С.Д., Корулина Л.Г. Пространственно-временная синоптическая характеристика дождливых периодов на юго-востоке Западной Сибири // Динамическая и синоптическая метеорология. Л., 1976.
4. Кременская Н.Л., Никитченко С.Ф. Синоптические условия дождливых периодов на территории Брянской, Орловской, Курской и Белгородской областей // Сборник работ по региональной синоптике. М., 1962. № 7.
5. Кудрянь А.И. Некоторые особенности циркуляции атмосферы, определяющие осадки на юге Украины // Метеорология, климатология и гидрология. 1970. Вып. 6.
6. Войнова Т.А. Некоторые результаты статистического анализа полусуточных количеств осадков при однородных синоптических процессах над Средней Азией. Л., 1972.
7. Попова К.И. Краткая характеристика связи осадков с циркуляционным режимом за теплый период над юго-восточной частью Западно-Сибирской низменности // Вопросы географии Сибири. Вып. 4. Томск, 1962.
8. Строгина К.Ф., Уласевич К.Д. Синоптические условия формирования продолжительных осадков на Урале // Сборник работ по региональной синоптике. М., 1962. № 7.

УДК 551.524.7; 593

*А.И. Кусков***, *С.Г. Катаев***, *М.А. Волкова**

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ТРЕНДА ОСАДКОВ НА АЗИАТСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

* Томский государственный педагогический университет

** Томский государственный университет

В связи с проблемой глобальных климатических изменений, в последние годы интерес представляют исследования динамики атмосферных осадков. Исследованию динамики осадков посвящено значительное количество исследований [1, 2]. Тем не менее остался нерешенным целый ряд проблем, в том числе остаются практически не исследованы условия формирования долговременного тренда.

Задачей данного исследования является изучение составляющих долговременного тренда месячных сумм атмосферных осадков на Азиатской территории России (АТР). Материалом для исследования послужили временные ряды месячных сумм осадков на 129 метеорологических станциях, расположенных на АТР за период 1955–2000 гг.

В работах [3, 4] показано, что средние месячные значения природного поля, имеющего сезонную составляющую, можно выразить как

$$T(t) = T_r(t) + T_m + \Delta T(t), \quad (1)$$

где $T_r(t)$ – величина долговременного тренда температуры, T_m – среднее значение температуры конкретного месяца t в годовом ходе, $\Delta T(t)$ – отклонение средних месячных значений конкретных месяцев от обусловленных годовым ходом значений, t – условный порядковый номер месяца, начиная с начала временного ряда.

Учитывая, что осадки имеют выраженную сезонную составляющую, долговременный тренд и аномалию [1], было проведено разложение временных ря-

дов на эти составляющие. Из физических соображений следует, что сезонная составляющая определяется характером климатической общей циркуляции атмосферы (ОЦА), аномалии порождаются отклонениями от ОЦА, а природа долговременного тренда окончательно не определена. Для выявления влияния перечисленных выше трех факторов на формирование поля осадков были рассчитаны доли вклада сезонной составляющей, аномалий и долговременного тренда в изменчивость временного ряда осадков, величина которой выражалась через дисперсию. Было показано, что суммарный вклад аномальной составляющей и сезонного года в общую изменчивость на рассматриваемой территории составляет 72–100 %. Таким образом, вклад долговременного тренда изменяется от 0 до 28 %, причем на 77 % станций он не превышает 15 %.

Несмотря на небольшой вклад долговременного тренда в общую изменчивость, эта составляющая представляет большой интерес. Вызвано это тем, что долговременный тренд, определяя временную тенденцию изменения природного поля, является основным

предиктором при построении прогноза. Изменение количества осадков происходит как по территории, так и во времени. Причем в различные месяцы скорость изменения может быть различной и отличаться от величины фонового тренда.

В этой связи необходимо решить три вопроса: во-первых, рассчитать значения фонового относительно долговременного тренда; во-вторых, выявить характер изменения величины долговременного тренда в годовом ходе на конкретной станции; в-третьих, определить типовые поля, характерные для того или иного месяца.

В качестве математического выражения для долговременного тренда был выбран полином первой степени (линейная функция)

$$T_{tr}(t) = \alpha t + \beta, \quad (2)$$

где α – скорость изменения количества осадков (относительный тренд), β – свободный член, t – время.

Поле относительного тренда было картографировано и представлено на рис. 1.

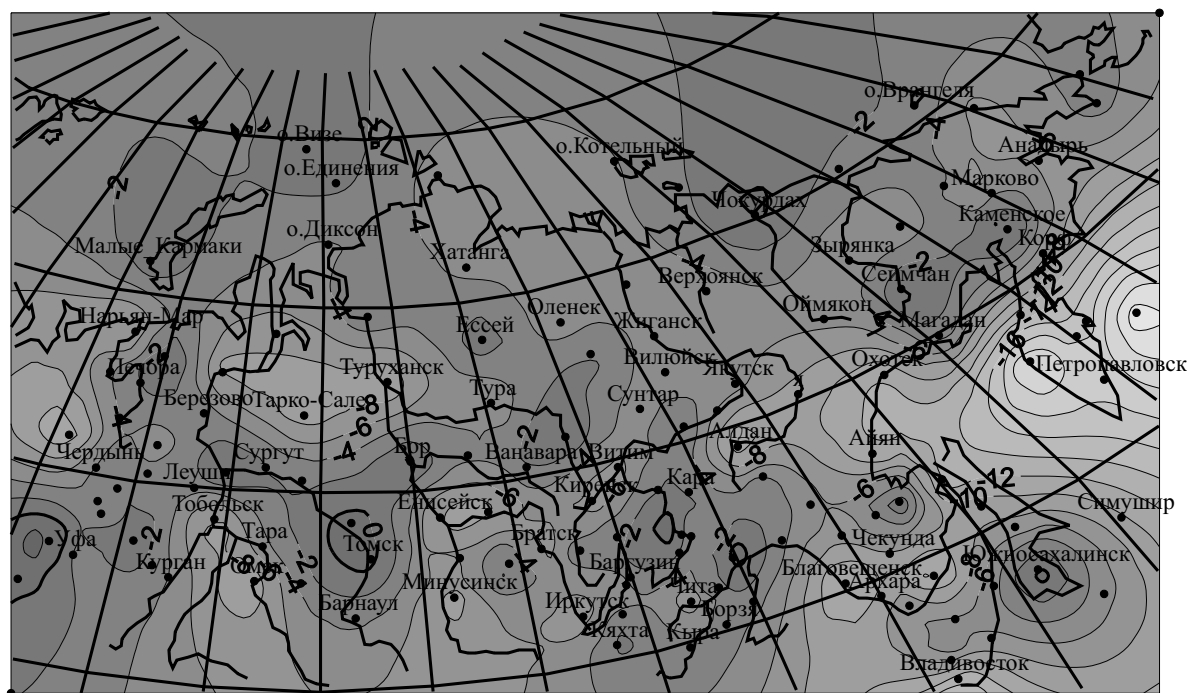


Рис. 1. Распределение относительного тренда осадков (мм/10 лет)

Анализ распределения относительного тренда осадков по АТР позволил установить, что на большей части АТР (85 %) отмечается уменьшение количества осадков во времени. Скорость уменьшения количества осадков (мм/10 лет) по АТР колеблется в пределах 0.2...25.8. Хорошо выражены два очага – в центральной и северной частях Западной Сибири и в районе Камчатки. Камчатский очаг уменьшения суммы осадков более интенсивен. На 15 % АТР отмечается долговременный рост суммы осадков, причем зона роста

не локализована, а имеет очаговый характер. В основном эти очаги располагаются в зоне 50–60° с. ш. В целом над материковой частью АТР величина относительного тренда не опускается ниже 10 мм/10 лет.

Для выявления характера изменения величины относительного тренда в годовом ходе была сформирована матрица, включающая значения скорости изменения суммы осадков для всех используемых станций и всех месяцев года. Размерность полученной матрицы составляла 129×12. Анализ такой матрицы

достаточно сложен. Для проведения анализа распределения относительного тренда по АТР по месяцам, необходимо построить 12 карт и в дальнейшем проводить совместный анализ (причем качественный, а следовательно – субъективный).

Для выявления количественных связей величины относительного тренда осадков по АТР в годовом ходе нами был применен метод главных компонент. Результаты компонентного анализа приведены в таблице 1. В результате проведения компонентного анализа были получены главные компоненты ($Y_{k,j}$) собственные

вектора ($a_{m,k}$), а также коэффициенты корреляции (r_k) и детерминации (d_k) между значениями сумм осадков и главными компонентами. Обратный переход от главных компонент исходным временным рядам осуществляется как

$$Q_{m,j} = Q_m + \sum_{k=1}^p a_{m,k} Y_{k,j}, \quad (3)$$

где p – число главных компонент, k – номер главной компоненты, j – номер пункта, m – номер месяца (1 – январь, 2 – февраль и т.д.).

Таблица 1

Результаты разложения относительного тренда осадков на ортогональные составляющие

Месяц	1-я компонента			2-я компонента		
	a_1	r_1	d_1	a_2	r_2	d_2
Январь	0.123	0.568	0.322	0.379	0.739	0.546
Февраль	0.09	0.618	0.382	0.239	0.694	0.502
Март	0.135	0.72	0.518	0.28	0.631	0.398
Апрель	0.222	0.86	0.74	0.229	0.374	0.14
Май	0.272	0.95	0.902	0.104	0.154	0.024
Июнь	0.328	0.943	0.889	-0.202	-0.245	0.06
Июль	0.424	0.901	0.811	-0.459	-0.41	0.168
Август	0.454	0.939	0.882	-0.299	-0.261	0.068
Сентябрь	0.444	0.972	0.945	0.002	0.002	0
октябрь	0.291	0.859	0.737	0.371	0.461	0.213
Ноябрь	0.19	0.811	0.657	0.291	0.524	0.275
Декабрь	0.155	0.735	0.54	0.307	0.615	0.378
Собственные	80.0			14.2		

Для перехода от главных компонент к исходным суммам осадков необходимы данные об осредненных по территории относительных трендах осадков (рис. 2). Помимо этого рассчитывалась дисперсия осредненных по территории относительных трендов.

Из анализа рисунка 2 следует, что в среднем по территории тенденция уменьшения осадков носит гармонический характер с максимальными скоростями падения в летние месяцы (-10 мм/10 лет) и минимальными – в зимние (-2.5 мм/10 лет). Дисперсия

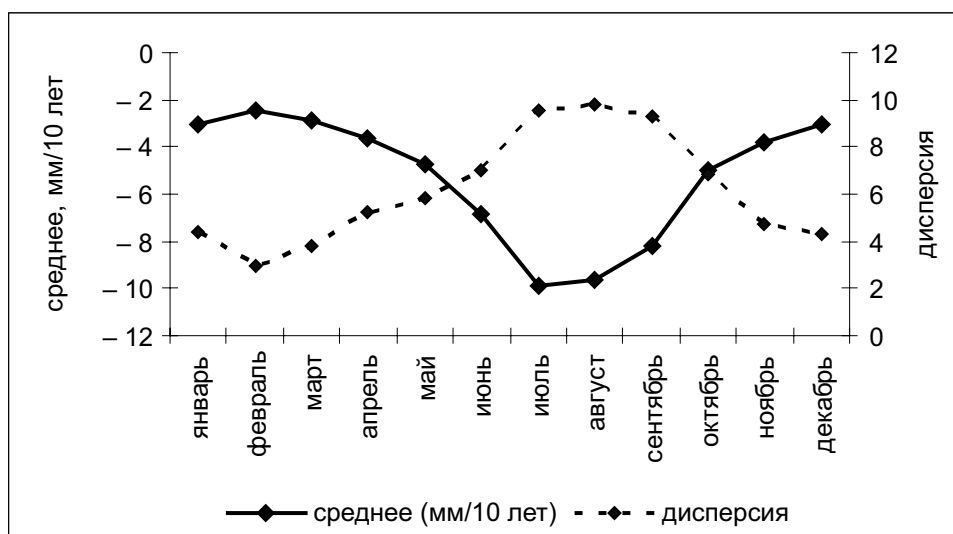


Рис. 2. Годовой ход осредненного по территории относительного тренда осадков (мм/10 лет)

осредненного тренда имеет зеркальный вид по отношению к сезонному ходу тренда.

Результаты компонентного анализа позволяют выделить два типа поля относительного тренда осадков. Причем первый тип описывает 80 % общей изменчивости, второй – 14.2 %. Критерием принадлежности того или иного месяца к типу поля служил коэффициент детерминации, больший или равный 0.5. Пер-

вый тип (рис. 3) характерен для марта-декабря, второй (рис. 4) – для января-февраля.

Из рисунка следует, что отрицательные значения первой главной компоненты наблюдаются в виде обширной области на востоке территории и в виде отдельных очагов в центральной и южной частях АТР. Этим областям соответствуют максимальные скорости падения количества осадков. На большей части

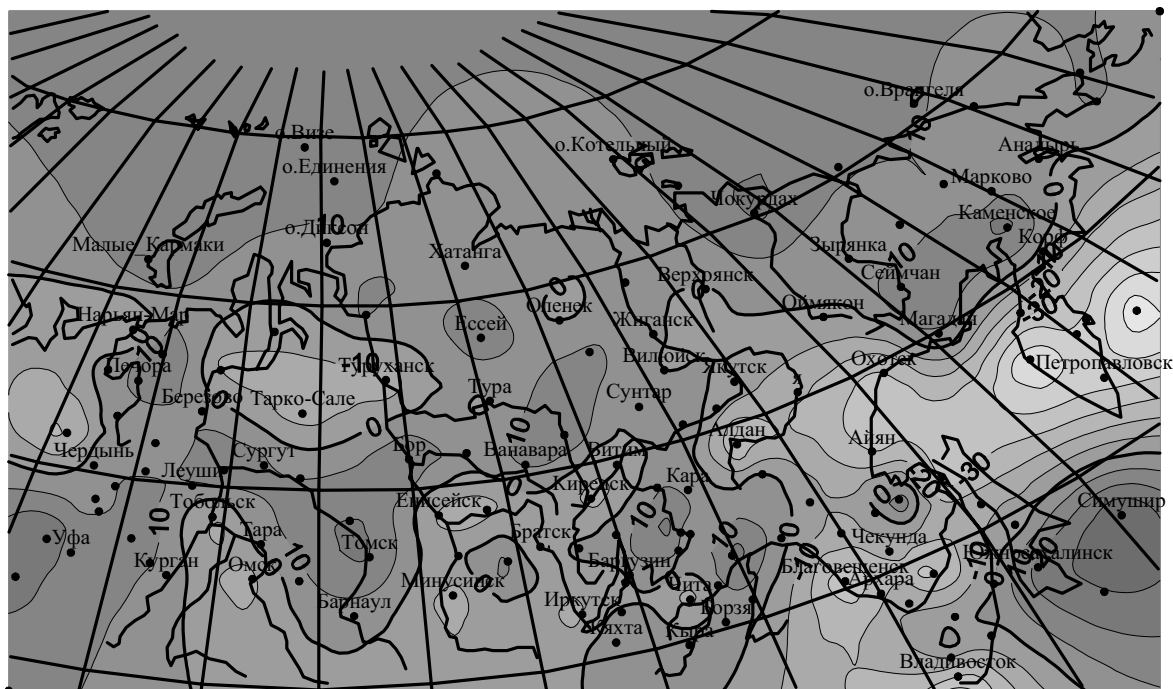


Рис. 3. Распределение первой главной компоненты относительного тренда по АТР

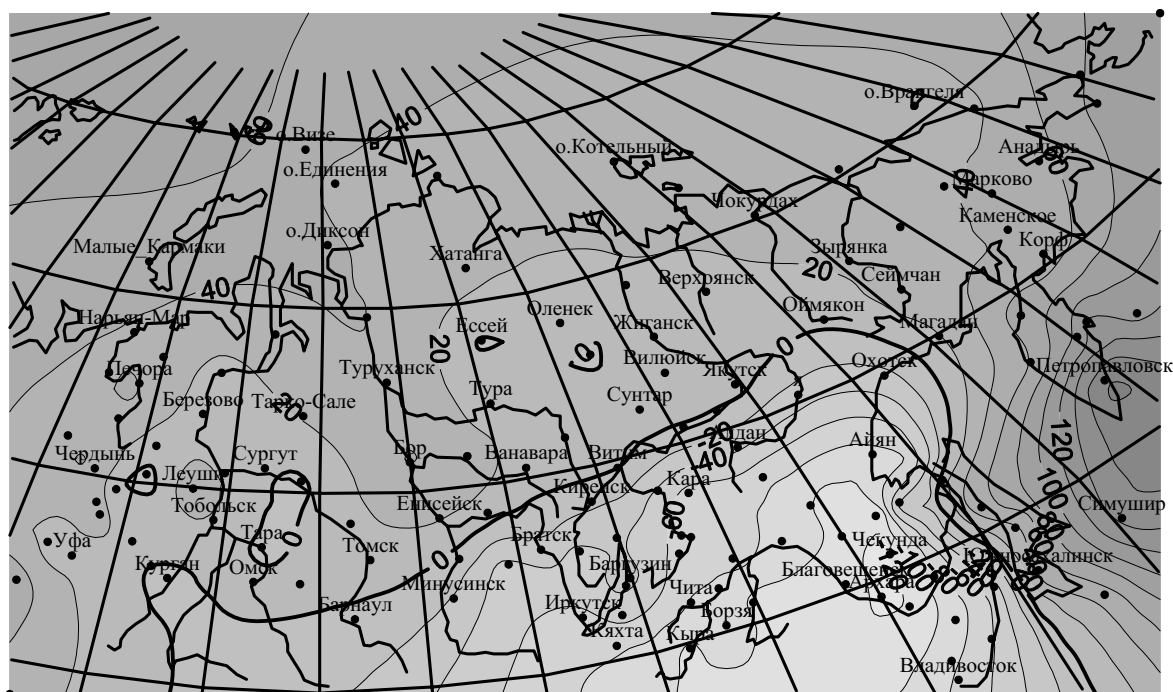


Рис. 4. Распределение второй главной компоненты относительного тренда по АТР

территории наблюдаются положительные значения первой компоненты, что соответствует меньшей скорости падения количества осадков или их росту.

В поле второй компоненты выделяются две области: первая характеризуется повышенными значениями компоненты и охватывает западные, северные и восточные области АТР. Первая область характеризуется более интенсивными скоростями уменьшения количества осадков, чем в среднем по всей территории. Для второй области, располагающейся на юге АТР, характерны пониженные значения второй компоненты, что способствует меньшим скоростям падения сумм осадков относительно осредненных по территории или даже их росту.

Годовой ход собственных векторов (рис. 5) характеризует эволюцию поля относительного тренда в течение года. Этот вывод следует из того, что значения первой компоненты на АТР в основном отрицательные, а собственные вектора – положительные. Вторая компонента в первой области с мая по сентябрь усиливает отрицательный тренд количества осадков.

Несмотря на то, что предложенный выше подход к интерпретации долговременного тренда осадков позволил выявить закономерности его распределения по АТР и типовые поля, он не лишен недостатков. Так, для картографирования полей долговременного тренда необходимо проведение интерполяции в узлы сетки. Известно, что интерполяция не является точной. Интерполированная величина содержит ошибки, причем ошибка интерполяции возрастает, если в область привлеченных для интерполяции станций попадают нерепрезентативные. Эту ситуацию можно избежать путем классификации долговременных трендов. При этом будут формироваться группы станций, наиболее близкие по характеру изменения тренда друг к другу.

В результате пространственной классификации долговременных трендов было выделено 11 классов, их расположение по АТР представлено на рис. 6, а их характеристика дана в табл. 2.

Наиболее обширными классами являются 8, 9 и 10-й, которые объединяют 75 станций, или 58.1 % всех станций. На оставшиеся 8 классов приходится 33 стан-

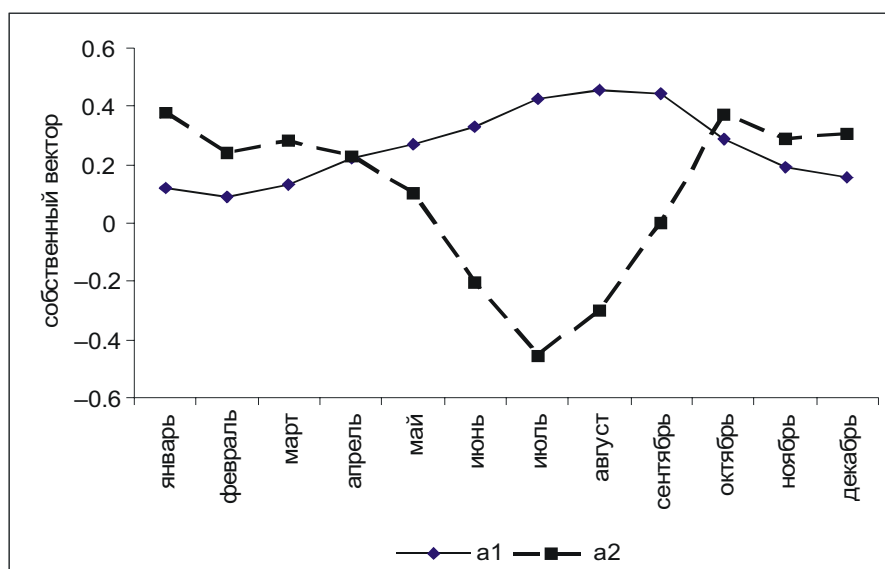


Рис. 5. Годовой ход собственных векторов первой и второй компонент по АТР

ции (25.5 %). 21 станция не попали ни в один класс и эти станции приходится считать нерепрезентативными. Самый обширный 8-й класс, включающий в себя 33.3 % станций, охватывает значительную часть АТР. Станции, принадлежащие к этому классу, располагаются от южной оконечности Новой Земли до Забайкалья. Станции, принадлежащие этому классу, отмечаются даже в северной части Камчатки. Класс очень компактный, при среднем значении 48.9 мм осадков за месяц дисперсия составляет всего 11.4 мм². Второй по значимости 9-й класс территориально расположен внутри 8-го класса. Несмотря на практически одинаковое количество осадков (43.5 мм), дисперсия значительно выше и составляет 118.5 мм². Это

свидетельствует о значительно меньшей компактности 9-го класса по отношению к 8-му классу.

Третий по значимости 10-й класс представляет собой узкую зону, ориентированную с Земли Франца-Иосифа на Якутск, затем изменяющую направление на Марково. Этот класс характеризуется низкими значениями месячных сумм осадков (29.1 мм). Одиннадцатый класс расположен к северу от 10-го класса, занимает практически все побережье морей Северного Ледовитого океана. В этом классе отмечается самое низкое количество осадков (18.9 мм) с небольшим разбросом (дисперсия составляет 14.7 мм²). Среди остальных классов выделяются 1-й и 3-й классы, несмотря на то, что они представлены небольшим

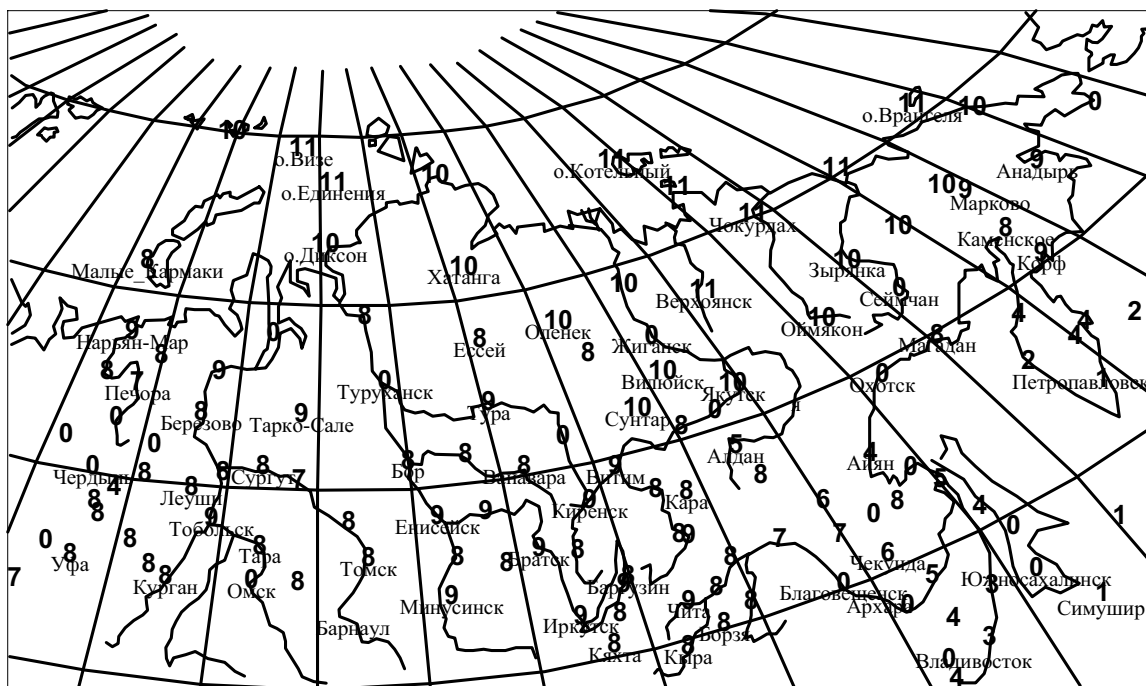


Рис. 6. Распределение классов долговременного тренда осадков по АТР

Таблица 2

Статистические характеристики классификации поля долговременного тренда

Номер класса	Число станций	Средняя сумма осадков	Дисперсия
1	3	139.6	558.0
2	2	88.8	1073.8
3	2	92.0	481.9
4	8	89.1	279.7
5	3	71.5	317.1
6	2	71.2	374.0
7	5	56.4	245.4
8	43	48.9	11.4
9	18	43.5	118.5
10	14	29.1	45.5
11	8	18.9	14.7

количеством станций (3 и 2 соответственно). Станции внутри классов расположены компактно; в 1-й класс входят островные станции морей Тихого океана; станции, входящие в 3-й класс, располагаются в Приморском крае, на западном берегу Японского моря. Станции, входящие в остальные классы, не имеют компактного территориального расположения, вследствие этого изучение полей осадков в этих классах возможно только на региональном уровне.

Проведенное исследование позволило установить особенности распределения долговременного тренда по АТР, выявить характер изменения долговременного тренда в годовом ходе, выделить его типовые поля, а также провести пространственную классификацию долговременного тренда.

Литература

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 2.
2. Gruza G., Rankova E., Razuvaev V., Bulygina O. Indicators of climate change for the Russian Federation // Climatic Change. 1999. № 42.
3. Региональный мониторинг атмосферы. Т. 4. Региональные климатические изменения метеорологических полей: Коллективная монография / Под общ. ред. М.В. Кабанова. Томск, 2000.
4. Кусков А.И., Катаев С.Г. Закономерности современных изменений теплового поля в приземном слое атмосферы Сибири и на Дальнем Востоке. // Изв. вузов. Физика. 2004. № 11.