

О связности региональных и глобальных полей температуры над азиатской территорией России

В.А. Крутиков, А.И. Кусков, В.А. Тартаковский, Э.В. Иванова*

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634021, г. Томск, пр. Академический, 10/3*

Поступила в редакцию 7.10.2011 г.

Предлагается способ определения связности температурного поля в разных пространственных масштабах, при этом выделяются глобальные и региональные структуры температурного поля. Для глобального температурного поля был выбран масштаб, характеризующий азиатскую территорию России (АТР). Для выявления связности региональных полей на первом этапе была проведена пространственная классификация, затем определялись связности поля внутри каждой полученной структуры (класса). Показано, что классификация значительно увеличивает связность поля в различных частях АТР.

Ключевые слова: температурное поле, глобальный масштаб, региональный масштаб, связность; temperature field, global scale, regional scale, connectivity.

Введение

Основными факторами, формирующими температурные поля, являются солнечная радиация, характер подстилающей поверхности и циркуляция атмосферы. Из них подстилающую поверхность стоит отнести к региональным факторам, а роль циркуляции атмосферы имеет как глобальный, так и региональный характер. Вследствие этого возникает неоднородное температурное поле: размеры областей локальной однородности уменьшаются, а вклад микрометеорологических процессов, влияние суточного и годового хода температуры увеличиваются.

Исследования температурных полей региональных масштабов требуют большой детальности, поскольку перенесение результатов, полученных для определенного района, сезона или времени суток, на другие районы может оказаться неравномерным. Практически такие детальные исследования не проводились, поэтому имеющиеся в литературе данные могут в большинстве случаев считаться ориентировочными, дающими лишь общее представление о характере пространственной изменчивости соответствующих полей [1–7].

В настоящей статье рассмотрены связность или согласованность изменений температурного поля как на всей территории Сибири, так и в масштабах, определяемых расположением метеостанций, мерой связности будет коэффициент корреляции.

История вопроса

Систематические исследования пространственной структуры наземных метеорологических полей были проведены впервые в 40-х гг. XX в. в Главной геофизической обсерватории под руководством О.А. Дроздова в связи с задачей рационализации метеорологической сети [1, 2].

В работах этого цикла вычислялись пространственные структурные функции, что позволяло обойтись меньшим объемом вычислений и упрощало расчет абсолютных значений ошибок интерполяции, давало возможность свести к минимуму искажения за счет нестационарности. Вместе с тем при таком подходе затрудняется сопоставление характера связности полей и даже одного поля в различных условиях. Для оценки пространственной корреляции по структурным функциям необходимо знать дисперсии исследуемых величин, которые, как правило, не рассчитывались.

Гораздо более устойчивыми оказываются пространственные корреляционные функции. Это следует из данных работ [3, 4], в которых представлены корреляционные функции средней суточной температуры воздуха в различных районах Евразии. Для Европы и Забайкалья летом отмечается более быстрое затухание корреляции с расстоянием, чем зимой; для Сибири таких различий не наблюдается. Различия между корреляционными функциями сравнительно невелики (например, коэффициенту корреляции 0,6 соответствуют расстояния от 500 до 700 км), тем не менее их, по-видимому, можно считать существенными. Еще более существенным является влияние географического фактора на степень мелкомасштабной неоднородности поля температуры,

* Владимир Алексеевич Крутиков (krutikov@imces.ru); Аркадий Игнатьевич Кусков (arcus1309@rambler.ru); Валерий Абрамович Тартаковский (tv@imces.ru); Элла Владимировна Иванова (ehllai@rambler.ru).

определяющей значение меры случайных ошибок наблюдений. Если для равнинных территорий Западной Сибири они имеют порядок 0,01, то для Забайкалья с его более пересеченным рельефом мера ошибки достигает 0,05–0,07.

При временном осреднении поля степень пространственной связности возрастает. Это подтверждается данными работ [4–6], в которых проводится анализ корреляционных функций средней суточной, средней декадной и средней месячной температуры в центральной части европейской территории России для июля. Значение меры ошибок для средних суточных температур достигает 0,1, что соответствует ошибкам за счет совокупного влияния погрешностей наблюдений и микрометеорологических процессов около 1 °С. Для средних декадных и средних месячных температур мера ошибки имеет порядок 0,01, что соответствует средней квадратической погрешности около 0,2 °С, обусловленной, главным образом, микроклиматическими различиями в расположении станций.

Наиболее полно изучена пространственная корреляция средней месячной температуры воздуха в центральной части ЕТР [6, 7]. Из этих работ следует, что имеет место четко выраженный ход параметров пространственной структуры, характеризующийся более быстрым затуханием корреляции с расстоянием в летние месяцы по сравнению с зимними. Полученные в [6, 7] корреляционные функции хорошо аппроксимируются выражением вида

$$k(r) = k(0)\exp(-r/r_0)^\alpha, \quad (1)$$

где $k(r)$ – коэффициент корреляции между температурой в пунктах, находящихся на расстоянии r ; $k(0)$ – параметр, характеризующий микроклиматическую неоднородность территории; r_0 – радиус корреляции; α – безразмерный коэффициент в пределах 1,49–1,6. Формула (1) была получена в предположении, что поле температуры однородно и изотропно.

Полученные результаты приводят к неоднозначным выводам: с одной стороны – параметр, характеризующий микроклиматическую неоднородность центральной части России, в течение года изменяется слабо (от 0,992 до 0,998), с другой – наблюдается значительная изменчивость радиуса корреляции от 1300 км в апреле до 3200 км в январе. Этот вывод свидетельствует о том, что скорость уменьшения коэффициента корреляции с расстоянием в апреле более чем в 2 раза выше, чем в январе. Следовательно, связность поля в апреле также меньше, чем в январе.

Наряду с предположением об изотропии поля температуры были выполнены работы по оценке анизотропии путем построения поля изокоррелят для отдельных станций. По мнению авторов [7], эта процедура позволяет исключить несущественные особенности отдельных станций. Это направление в дальнейшем не получило своего развития вследствие трудоемкости вычислений и анализа результатов.

В последнее время исследования связности проводились на основе формализации утверждения, что внешнее вынуждающее воздействие, общее для какой-либо физико-географической единицы, проявляется в сходстве существенных признаков всех процессов в ее пределах. Введенный критерий дает количественную характеристику этого воздействия. При анализе согласованности на всей азиатской территории России зимой были выделены области, занимаемые обширным азиатским антициклоном. Для летнего периода была выявлена аномалия синхронности термического поля, связанная, очевидно, с поглощением тепла водой междуречья Оби и Енисея [11].

Классификация температурных полей

Задача классификации может быть сформулирована в самом общем виде следующим образом. Имеется множество Ω , состоящее из N элементов. Каждый из элементов характеризуется одним и тем же набором признаков X : $X = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$, которые могут иметь разный физический смысл. Необходимо разбить это множество на некоторое количество K непересекающихся подмножеств или классов (причем число K , как правило, заранее неизвестно), руководствуясь при этом каким-либо одним или целой системой критериев для отнесения объекта к тому или иному классу. Обычно для этой цели используют критерий близости. Так, два объекта считаются близкими, если расстояние между ними, рассчитанное в M -мерном пространстве признаков X , мало, или наоборот. Таким образом, в один класс должны попасть компактно расположенные в X элементы множества Ω .

Ясно, что рассматриваемая задача является в общем случае неоднозначной, потому что результат разбиения зависит, прежде всего, от самой используемой системы признаков X , метрики этого пространства X , используемого алгоритма и, самое главное, – от точности и корректности нашего определения подмножества «класс».

В настоящей статье мы понимаем под классом совокупность элементов множества, связанных друг с другом сильнее, чем со всеми остальными, т.е. расстояния внутри класса меньше, чем между классами. Расположенные компактно классы подлежат связи с процессами, их формирующими, и позволяют выявлять скрытые эмпирические закономерности.

Алгоритм классификации, используемый нами, наиболее просто может быть описан на языке теории графов. Соотнесем с каждым объектом вершину x_i некоторого графа G , а стоимости ребра (x_i, x_j) , связывающего вершины x_i и x_j , припишем величину, равную расстоянию $D_{i,j}$ между соответствующими объектами в пространстве X . Если теперь последовательно удалять из графа ребра с большими значениями $D_{i,j}$, то, начиная с некоторого $D = D_{\max}$, исходный граф станет несвязным. Дальнейшее уменьшение порога приводит к увеличению числа компонент связности, среди которых будут

подграфы с различным числом вершин, а также изолированные вершины. Каждый такой k -й подграф можно охарактеризовать двумя пороговыми значениями: D : D_{\max}^k — значение порога, при котором этот подграф отделяется от остального графа, и D_{\min}^k — значение порога, при котором из этого подграфа выходит одна вершина или сразу несколько вершин, т.е. эта структура разваливается (в некотором смысле порог бифуркации).

Таким образом, величина D_{\min}^k в какой-то степени определяет степень компактности k -го подграфа; чем меньше эта величина, тем сильнее связь между всеми элементами этого кластера. Величина D_{\max}^k для k -го кластера показывает, насколько он связан с остальной частью графа, а максимальная величина этого параметра $D_{\max} = \max(D^k)$, $k = 1, N_d$, т.е. значение порога, при котором из графа выделяется первый подграф, характеризует степень связности всего графа. По разности $D_{\max}^k - D_{\min}^k$ можно судить о степени изолированности этой структуры от остальной части графа (своеобразное «время жизни» k -го таксона).

Расстояния между объектами, нормированные на единицу, можно рассчитывать, используя различные определения. Так, по Евклиду расстояние D_{ij}^E вычисляется следующим образом:

$$D_{ij}^E = [(x_i^l - x_j^l)^2]^{1/2} / D_{\max}, \quad (2)$$

в нашем случае использовалось расстояние по Хеммингу

$$D_{ij}^H = |x_i^l - x_j^l| / D_{\max}. \quad (3)$$

Таким образом, данный алгоритм классификации позволяет определять не только сгустки точек в пространстве признаков, но и отыскивать сложные структуры, включающие в себя точки, расположенные далеко друг от друга, но объединяемые в класс в силу их взаимной связанности и изолированности от остальных точек множества. Кроме того, изложенный выше алгоритм не требует предварительного задания количества классов, которое зависит как от поставленной задачи, так и от квалификации исследователя. При этом число классов может колебаться от 1 — когда все точки пространства объединены в один класс, и до N — когда каждая точка представляет собственный класс. Основное отличие от других методов классификации заключается в том, что финальная классификация состоит из классов, полученных на предыдущих этапах, т.е. при уменьшении порогового значения расстояния классы, существовавшие при более высоком пороге, могут разрушаться, но не исключаются из финальной классификации. Предложенный способ классификации позволяет также выявлять степень репрезентативности анализируемых станций. Опыт применения предложенного авторами метода классификации к природно-климатическим

полям различного происхождения позволяет говорить о его эффективности [8–10].

Определение качества классификации

Качество классификации будем определять как коэффициент корреляции между первой главной компонентой (типовой ряд) и фактическим значением температуры. Для этого применялся метод главных компонент, который предполагает получение линейных комбинаций значений составляющих

$$Y_1 = \sum_{j=1}^n a_{1,j} T_j, \quad Y_k = \sum_{j=1}^n a_{k,j} T_j, \quad (4)$$

где Y_1, \dots, Y_p — главные компоненты; $a_{1,j} \dots a_{k,j}$ — собственные векторы; j — номер станции; k — номер главной компоненты; T_j — временной ход температуры. В выражении (4) опущен индекс, обозначающий номер реализации температурного поля.

Обратный переход от главных компонент к исходным температурным временным рядам осуществляется в виде

$$T_1 = \bar{T}_1 + \sum_{k=1}^p a_{1,k} Y_k, \quad T_j = \bar{T}_j + \sum_{k=1}^p a_{j,k} Y_k, \quad (5)$$

где p — число главных компонент.

Связь между временными рядами составляющих температуры и главными компонентами мы можем определить традиционным методом, рассчитав коэффициент корреляции или воспользовавшись формулой

$$\text{corr}(T_j, Y_k) = [a_{k,j} \sqrt{V(Y_k)}] / \sigma_j^2, \quad (6)$$

где $V(Y_k)$ — собственное число k -й главной компоненты; σ_j^2 — дисперсия составляющей временного ряда температуры на j -й станции.

Применение метода главных компонент позволяет количественно оценить связность между разными пунктами внутри выделенного класса, получить типовой временной ряд, характерный для данного класса, и характеристику связи типового ряда с фактическими температурными рядами. Построив матрицу средних значений поля температуры по месяцам, с помощью метода можно выявлять типовые поля в сезонном ходе.

Материалы исследования и обсуждение полученных результатов

Для исследования были привлечены средние месячные температуры воздуха на 134 станциях азиатской территории России (АТР) за период с 1955 по 2010 г. Сеть станций достаточно равномерная, хотя отмечается более плотная сеть на юге территории и менее плотная на севере.

В результате исследования было получено территориальное распределение коэффициента связности

температурного поля по АТР в годовом ходе. Выявление связности на протяжении всего года позволило установить следующие закономерности (рис. 1).

В январе отмечается обширная территория в центре АТР повышенной связности с центром в районе рек Тунгуска и Ангара. При этом степень связности доходит до 0,9. В феврале поле практически не меняется, однако видно сокращение территории с высокой связностью, при этом процессы на севере и востоке практически не коррелируют с процессами в центре АТР. Это объясняется увеличением циклонической деятельности на севере и западе АТР. В марте территория, охваченная высокой связностью, сохраняется, однако уменьшается ее интенсивность. В апреле происходит дальнейшее сокращение территории со смещением центра на запад в район г. Сургута, что можно объяснить разрушением зимнего центра действия атмосферы – азиатского антициклона. В мае и июне эти процессы углубляются (уменьшаются величина территории, охваченная высокой сопряженностью, и ее эффективность). В июле и августе происходит резкий сдвиг максимальной интенсивности в район Омской области. Над всей восточной частью АТР в июле, августе преобладают циклонические процессы с высокой изменчивостью во времени. С сентября территория, охваченная высокой связностью, увеличивается, и этот процесс продолжается до февраля – марта, что объясняется становлением азиатского антициклона с его устойчивым температурным режимом.

Рис. 2 дает представление о распределении классов по месяцам в течение года на территории АТР. Характерным свойством распределения классов является то, что в каждом месяце имеется класс, который занимает наибольшую территорию.

Для января характерно, что над всей Западной Сибирью располагается один класс (№ 8), причем он распространяется по югу АТР до Приморского края. В феврале происходит значительное распространение этого класса, к марту он сосредоточивается на юге Сибири до оз. Байкал, а в апреле происходит разрушение этой структуры и уже появляются 6 классов. В то же время все территории от Енисея до Приморья занимает другой класс (№ 5), который в июне – июле – августе охватывает значительную часть АТР. К сентябрю происходит смещение в район Западной Сибири. Этот процесс продолжается до декабря – января, когда над указанной территорией преобладает один класс, т.е. в течение года происходит миграция доминирующего класса к востоку и назад.

В целом надо отметить, что распределение классов имеет широтный характер и отражает региональные особенности районов. Следует отметить, что районы внутри класса являются компактными и для решения задач на мезоуровнях такая классификация обоснована.

Характеристики классов температуры по месяцам года приведены в таблице.

Характеристики классов температуры помесячно в годовом ходе

| № | N | \bar{T} | σ^2 | d_k | Δ_k | N | \bar{T} | σ^2 | d_k | Δ_k |
|-----------------|----|-----------|------------|-------|------------|----------------|-----------|------------|-------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| <i>Январь</i> | | | | | | <i>Февраль</i> | | | | |
| 1 | 10 | -37,8 | 17,9 | 78,2 | 1,84 | 6 | -23,8 | 20,3 | 83,4 | 1,99 |
| 2 | 5 | -35,5 | 14,7 | 75,7 | 1,78 | 2 | -42,4 | 10,2 | 74,5 | 1,78 |
| 3 | 4 | -29,4 | 8,0 | 67,7 | 1,59 | 8 | -25,0 | 21,7 | 60,1 | 1,43 |
| 4 | 3 | -4,3 | 3,6 | 60,6 | 1,42 | 79 | -18,7 | 13,1 | 54,1 | 1,29 |
| 5 | 2 | -16,3 | 16,3 | 89,7 | 2,11 | 4 | -9,7 | 4,9 | 80 | 1,91 |
| 6 | 2 | -19,9 | 21,6 | 86,8 | 2,04 | 4 | -34,7 | 10,5 | 83,6 | 2,00 |
| 7 | 2 | -46,2 | 11,8 | 77,9 | 1,83 | 4 | -32,0 | 18,8 | 89,3 | 2,13 |
| 8 | 52 | -18,8 | 16,4 | 63,5 | 1,49 | 4 | -33,7 | 11,8 | 81,4 | 1,94 |
| 9 | 17 | -27,8 | 10,4 | 58 | 1,36 | 3 | -28,4 | 24,0 | 91 | 2,17 |
| 10 | 5 | -12,7 | 4,9 | 70,4 | 1,65 | 2 | -5,6 | 5,0 | 72,7 | 1,74 |
| 11 | 5 | -29,7 | 25,5 | 89,4 | 2,10 | 2 | -21,6 | 26,3 | 92,7 | 2,21 |
| 12 | 4 | -25,4 | 29,1 | 86,3 | 2,03 | 2 | -30,7 | 6,5 | 95,2 | 2,27 |
| 13 | 4 | -25,5 | 17,5 | 80,9 | 1,90 | | | | | |
| 14 | 3 | -33,1 | 10,7 | 83,2 | 1,95 | | | | | |
| 15 | 2 | -32,5 | 24,7 | 95,1 | 2,23 | | | | | |
| <i>Март</i> | | | | | | <i>Апрель</i> | | | | |
| 1 | 11 | -26,2 | 8,3 | 55,3 | 1,13 | 14 | -12,5 | 7,9 | 50,2 | 1,13 |
| 2 | 5 | -23,9 | 14,0 | 74,8 | 1,53 | 13 | -18,8 | 7,8 | 54 | 1,22 |
| 3 | 4 | -20,0 | 19,4 | 86,7 | 1,77 | 2 | -14,2 | 21,4 | 93,6 | 2,11 |
| 4 | 43 | -7,6 | 9,9 | 66,1 | 1,35 | 3 | -8,2 | 18,8 | 94,5 | 2,13 |
| 5 | 18 | -12,2 | 8,2 | 81,2 | 1,66 | 2 | -8,6 | 14,2 | 95,2 | 2,14 |
| 6 | 6 | -3,1 | 2,6 | 71,3 | 1,46 | 37 | -0,4 | 4,1 | 68,1 | 1,53 |
| 7 | 5 | -16,7 | 10,2 | 84,7 | 1,73 | 12 | -5,0 | 6,7 | 73,2 | 1,65 |
| 8 | 3 | -8,8 | 6,2 | 89,4 | 1,82 | 8 | 0,5 | 1,1 | 64,1 | 1,44 |
| 9 | 3 | -15,1 | 13,9 | 93,3 | 1,90 | 8 | 4,0 | 6,9 | 91,7 | 2,07 |
| 10 | 3 | -11,0 | 16,2 | 92,7 | 1,89 | 8 | 1,5 | 7,7 | 82,7 | 1,86 |
| 11 | 2 | -23,6 | 12,2 | 97 | 1,98 | 6 | 4,2 | 2,1 | 81,6 | 1,84 |
| 12 | | | | | | 3 | -0,8 | 10,3 | 98,6 | 2,22 |
| 13 | | | | | | 2 | -2,8 | 12,5 | 85,4 | 1,92 |
| <i>Май</i> | | | | | | <i>Июнь</i> | | | | |
| 2 | 4 | -0,6 | 7,3 | 87 | 2,84 | 2 | 10,6 | 6,9 | 90,6 | 3,55 |
| 3 | 2 | -6,3 | 4,3 | 81,4 | 2,66 | 2 | 5,5 | 6,6 | 84,1 | 3,30 |
| 4 | 3 | 0,8 | 4,5 | 86,4 | 2,82 | 13 | 7,4 | 1,8 | 43,7 | 1,71 |
| 5 | 3 | 4,2 | 6,2 | 94,9 | 3,10 | 6 | 12,4 | 3,3 | 62,4 | 2,45 |
| 6 | 2 | -2,0 | 5,3 | 91,7 | 3,00 | 3 | 8,3 | 5,5 | 91,8 | 3,60 |
| 7 | 52 | 7,4 | 2,4 | 44,3 | 1,45 | 74 | 15,4 | 3,0 | 27,8 | 1,09 |
| 8 | 11 | 2,3 | 1,7 | 61,6 | 2,01 | 3 | 11,9 | 4,8 | 90,1 | 3,53 |
| 9 | 8 | 11,9 | 4,3 | 75,5 | 2,47 | | | | | |
| 10 | 4 | 12,4 | 1,7 | 87,4 | 2,86 | | | | | |
| 11 | 4 | 8,4 | 4,6 | 89,6 | 2,93 | | | | | |
| 12 | 3 | 6,8 | 5,5 | 91,7 | 3,00 | | | | | |
| 13 | 2 | 11,2 | 2,6 | 83,7 | 2,74 | | | | | |
| <i>Июль</i> | | | | | | <i>Август</i> | | | | |
| 1 | 8 | 1,9 | 1,5 | 68,6 | 3,10 | 8 | 1,9 | 2,7 | 57,8 | 2,57 |
| 2 | 3 | 9,2 | 1,7 | 66,9 | 3,03 | 3 | 5,8 | 2,4 | 56,2 | 2,50 |
| 3 | 2 | 6,8 | 2,4 | 64,7 | 2,93 | 7 | 19,7 | 1,5 | 57,8 | 2,57 |
| 4 | 2 | 4,7 | 2,3 | 65,4 | 2,96 | 5 | 10,5 | 3,3 | 77,2 | 3,43 |
| 5 | 86 | 18,0 | 2,2 | 29,6 | 1,34 | 5 | 10,9 | 2,6 | 67,9 | 3,02 |
| 6 | 17 | 12,6 | 2,2 | 44,7 | 2,02 | 14 | 12,1 | 1,3 | 47,9 | 2,13 |
| 7 | 6 | 15,2 | 3,8 | 69,7 | 3,15 | 70 | 15,2 | 1,9 | 30,6 | 1,36 |
| 8 | 2 | 15,9 | 3,9 | 94,1 | 4,26 | 6 | 12,7 | 2,9 | 86,7 | 3,85 |
| 9 | 2 | 13,4 | 4,8 | 93,9 | 4,25 | | | | | |
| <i>Сентябрь</i> | | | | | | <i>Октябрь</i> | | | | |
| 1 | 13 | 13,5 | 1,0 | 60 | 1,99 | 19 | -10,1 | 6,9 | 46,5 | 1,17 |
| 2 | 7 | -0,2 | 3,3 | 69,8 | 2,32 | 3 | -10,8 | 15,7 | 88,6 | 2,23 |
| 3 | 4 | -2,6 | 2,8 | 82,2 | 2,73 | 2 | -15,1 | 8,2 | 82 | 2,06 |
| 4 | 2 | 2,2 | 3,0 | 78,2 | 2,60 | 2 | -8,3 | 10,4 | 91,7 | 2,30 |
| 5 | 56 | 8,8 | 2,3 | 55 | 1,83 | 54 | 0,2 | 4,7 | 54,8 | 1,38 |
| 6 | 24 | 5,6 | 2,3 | 48 | 1,59 | 12 | 5,8 | 1,1 | 64,2 | 1,61 |
| 7 | 4 | 10,6 | 1,3 | 88,5 | 2,94 | 11 | 1,8 | 1,9 | 52,2 | 1,31 |
| 8 | 4 | 4,7 | 2,3 | 87 | 2,89 | 5 | -6,3 | 4,1 | 84,1 | 2,11 |
| 9 | 4 | 2,9 | 2,7 | 83,7 | 2,78 | 5 | -6,0 | 5,2 | 86,6 | 2,18 |
| 10 | 2 | 7,7 | 1,9 | 82,4 | 2,74 | 3 | -7,8 | 5,2 | 90,6 | 2,28 |
| 11 | 2 | 4,1 | 2,6 | 95 | 3,16 | 3 | -4,9 | 7,6 | 92,1 | 2,31 |
| 12 | 2 | 1,4 | 3,2 | 87,9 | 2,92 | 2 | -3,7 | 10,3 | 96,1 | 2,41 |

Окончание таблицы

| № | N | \bar{T} | σ^2 | d_k | Δ_k | N | \bar{T} | σ^2 | d_k | Δ_k |
|----|--------|-----------|------------|-------|------------|---------|-----------|------------|-------|------------|
| | Ноябрь | | | | | Декабрь | | | | |
| 1 | 13 | -18,8 | 14,3 | 54,1 | 1,30 | 5 | -22,2 | 17,9 | 79,4 | 2,17 |
| 2 | 5 | -27,1 | 13,3 | 80 | 1,92 | 13 | -11,2 | 6,9 | 45,9 | 1,25 |
| 3 | 2 | -35,9 | 13,0 | 77,2 | 1,85 | 7 | -36,8 | 13,2 | 78,6 | 2,15 |
| 4 | 7 | -28,7 | 16,1 | 82,8 | 1,99 | 4 | -34,7 | 16,7 | 79 | 2,16 |
| 5 | 2 | -26,2 | 23,9 | 93,6 | 2,24 | 3 | -1,9 | 2,9 | 64 | 1,75 |
| 6 | 80 | -10,3 | 10,5 | 55,4 | 1,33 | 3 | -31,6 | 10,3 | 80,2 | 2,19 |
| 7 | 3 | -16,2 | 24,7 | 93,3 | 2,24 | 2 | -32,7 | 24,7 | 87,6 | 2,39 |
| 8 | 2 | -6,8 | 5,5 | 94,2 | 2,26 | 51 | -16,3 | 16,6 | 63,5 | 1,73 |
| 9 | 2 | 1,1 | 2,3 | 60,7 | 1,46 | 23 | -26,3 | 12,3 | 61,3 | 1,67 |
| 10 | 2 | -23,7 | 15,3 | 92,5 | 2,22 | 4 | -22,7 | 19,3 | 81,3 | 2,22 |
| 11 | 2 | -13,0 | 22,2 | 97 | 2,33 | 3 | -20,0 | 7,9 | 72,6 | 1,98 |
| 12 | | | | | | 3 | -27,5 | 6,8 | 79,2 | 2,16 |

В качестве характеристик были использованы: количество станций, попадающих в каждый класс N , средняя температура \bar{T} и дисперсия σ^2 для каждого класса, доля дисперсии, характеризующая связность внутри класса d_k , а также отношение дисперсии внутри класса к дисперсии всего массива температуры Δ_k для АТР. В целом отмечено, что в каждом месяце в течение всего года выделяется класс, который занимает наибольшую территорию, при этом связность для доминирующих классов в 1,5 раза превышает связность, характерную для всей территории АТР. Для более мелких классов связность увеличивается в 2–3 раза. Средняя температура для классов меняется очень сильно. Так, в январе отмечаются температуры от $-4,3$ до $-37,8$ °С. К летним месяцам эти различия ослабевают, и в июле, например, колебания по территории составляют от $4,7$ до 18 °С.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Пространственная классификация позволяет определять районы с однородной структурой. Характер классов дает возможность оценить степень качества прогнозов средней месячной температуры, а выявленные нерепрезентативные станции можно не учитывать при составлении прогноза и при интерполяции данных.

С помощью классификации можно определять районы, для которых общим будет период отопительного сезона, и как следствие применять энерго-

сберегающие технологии, в частности в распределении энергоресурсов.

Используя типовой ряд для каждого класса, можно получить характеристики временных рядов, общих для территории, охваченной классом.

Динамика распределения коэффициента связности температурного поля по АТР в годовом ходе при дальнейшем исследовании позволит установить механизмы, формирующие общее поле температуры, особенно с учетом характеристик циркуляции.

1. Дроздов О.А. О принципах рационализации сети метеорологических станций // Тр. ГГО. 1961. Вып. 123. С. 33–46.
2. Дроздов О.А., Шенелевский А.А. Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и ее применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети // Тр. НИУ ГУГМС. 1946. Сер. 1. Вып. 13. С. 65–115.
3. Гандин Л.С., Каган Р.Л., Тараканова В.П. К вопросу о рациональном планировании сети наблюдений за температурой воздуха // Тр. ГГО. 1968. Вып. 228. С. 30–40.
4. Мещерская А.В. К учету нестационарности температуры в статистических разработках // Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. С. 164–170.
5. Желтая Н.Н. О пространственной изменчивости средней декадной температуры воздуха в теплый период года // Тр. ГМЦ. 1971. Вып. 85. С. 47–56.
6. Лугина К.М., Мелашенко Л.Я. Пространственная корреляция аномалий температуры воздуха и использование ее при рационализации сети станций // Тр. ГГО. 1972. Вып. 286. С. 26–38.
7. Лугина К.М., Тараканова В.П. Пространственная структура поля средней месячной температуры // Исследование статистической структуры метеорологических полей. Т. 1. М.: Гидрометеоиздат, 1975. С. 73–79.
8. Кусков А.И., Катаев С.Г. Исследование озоновых полей над территорией России и сопредельных государств. II. Классификация составляющих полей озона // Вестн. ТГПУ. 1998. Вып. 5. С. 10–17.
9. Кусков А.И., Катаев С.Г. Проблемы исследования геофизических полей // Вестн. ТГПУ. 2000. Вып. 2 (18). С. 21–27.
10. Кусков А.И., Катаев С.Г. Закономерности современных изменений теплового поля в приземном слое атмосферы Сибири и на Дальнем Востоке // Изв. вузов. Физ. 2004. № 11. С. 81–92.
11. Тартаковский В.А., Кусков А.И. О признаках согласованности природно-климатических процессов // Оптика атмосф. и океана. 2011. Т. 24, № 1. С. 35–39.

V.A. Krutikov, A.I. Kuskov, V.A. Tartakovskii, E.V. Ivanova. About connection of regional and global temperature fields above Asian area of Russia.

In this work, the way of definition of connection of a temperature field in different spatial scales is offered, and global and regional structures of a temperature field are allocated. For a global temperature field the scale, characterising the Asian territory of Russia (ATR) has been chosen. For revealing of connection of regional fields at the first stage spatial classification has been conducted, then connection of a field in each computed structure (class) were defined. It is shown that classification considerably increases connection of a field in various parts of ATR.

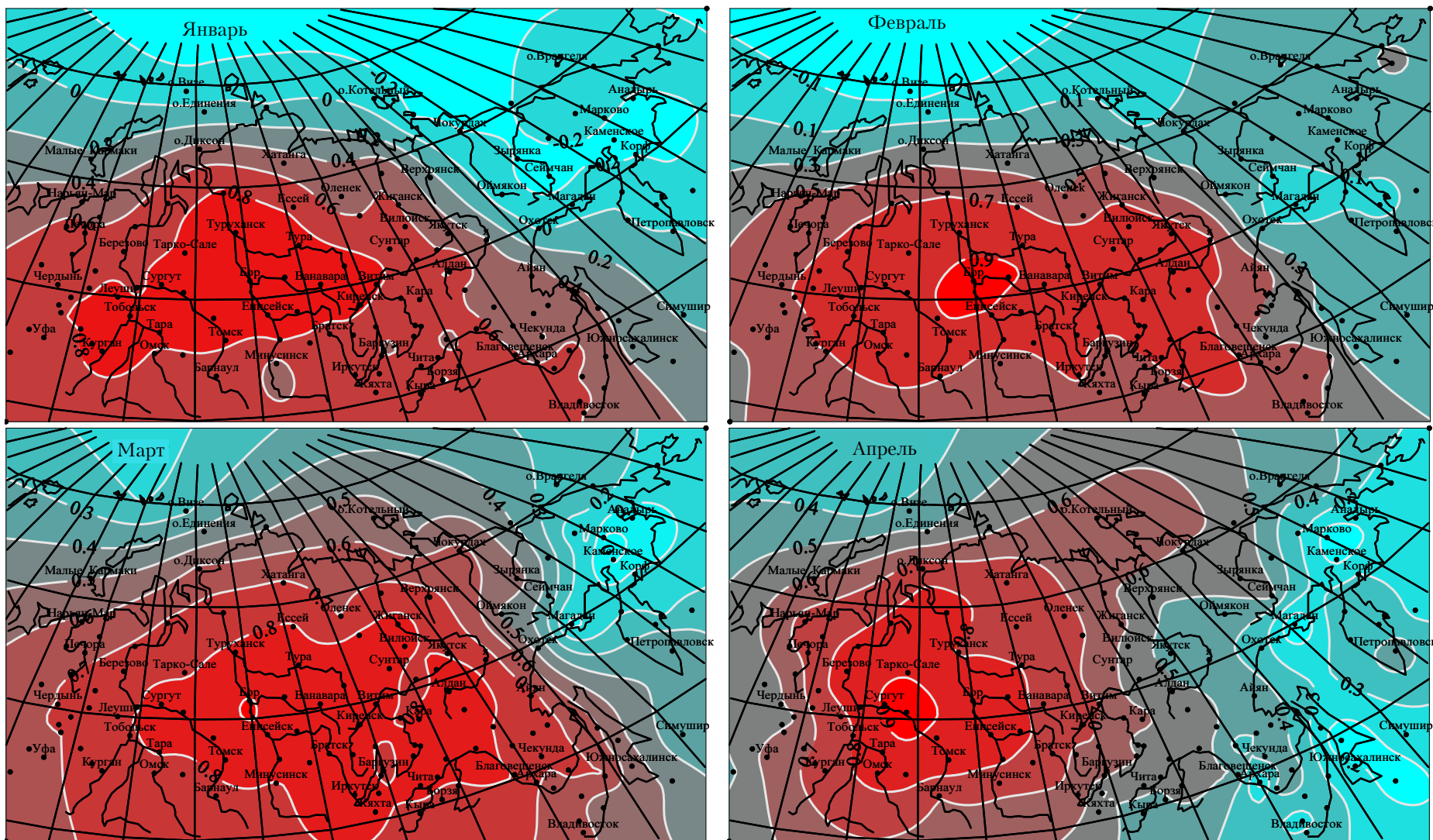


Рис. 1. Территориальное распределение коэффициента связности температурного поля по Сибири ежемесячно в годовом ходе

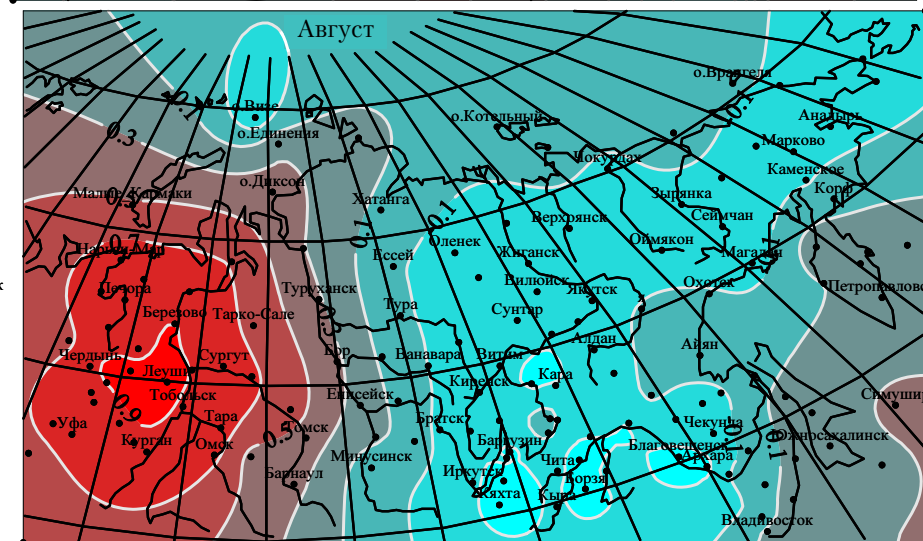
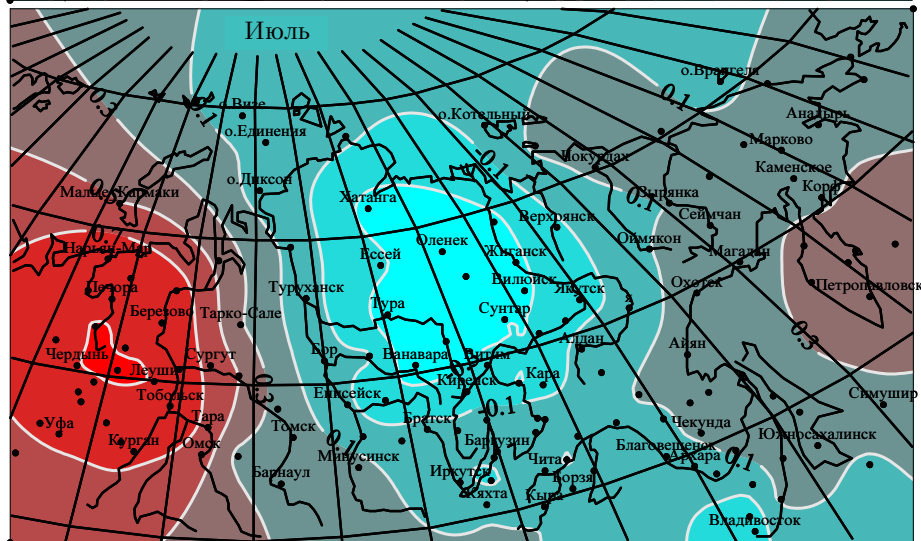
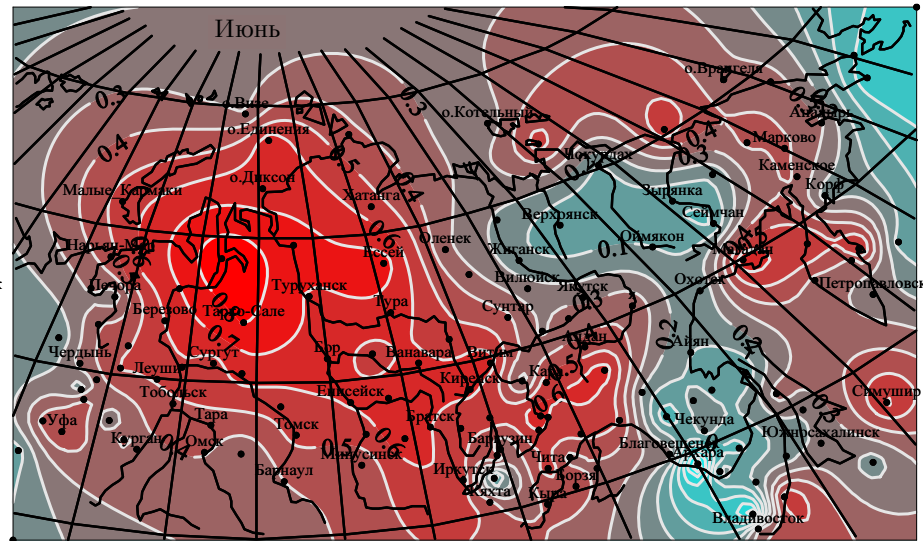
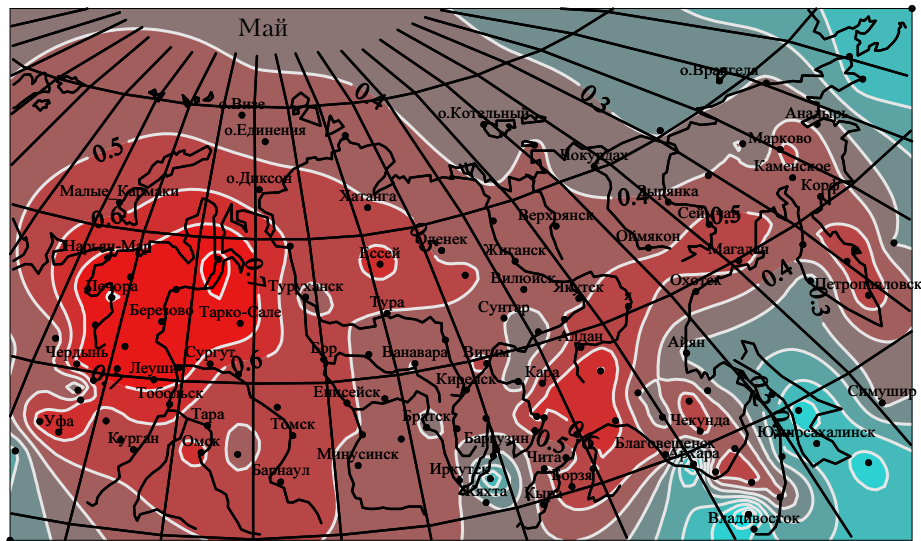


Рис. 1. Продолжение

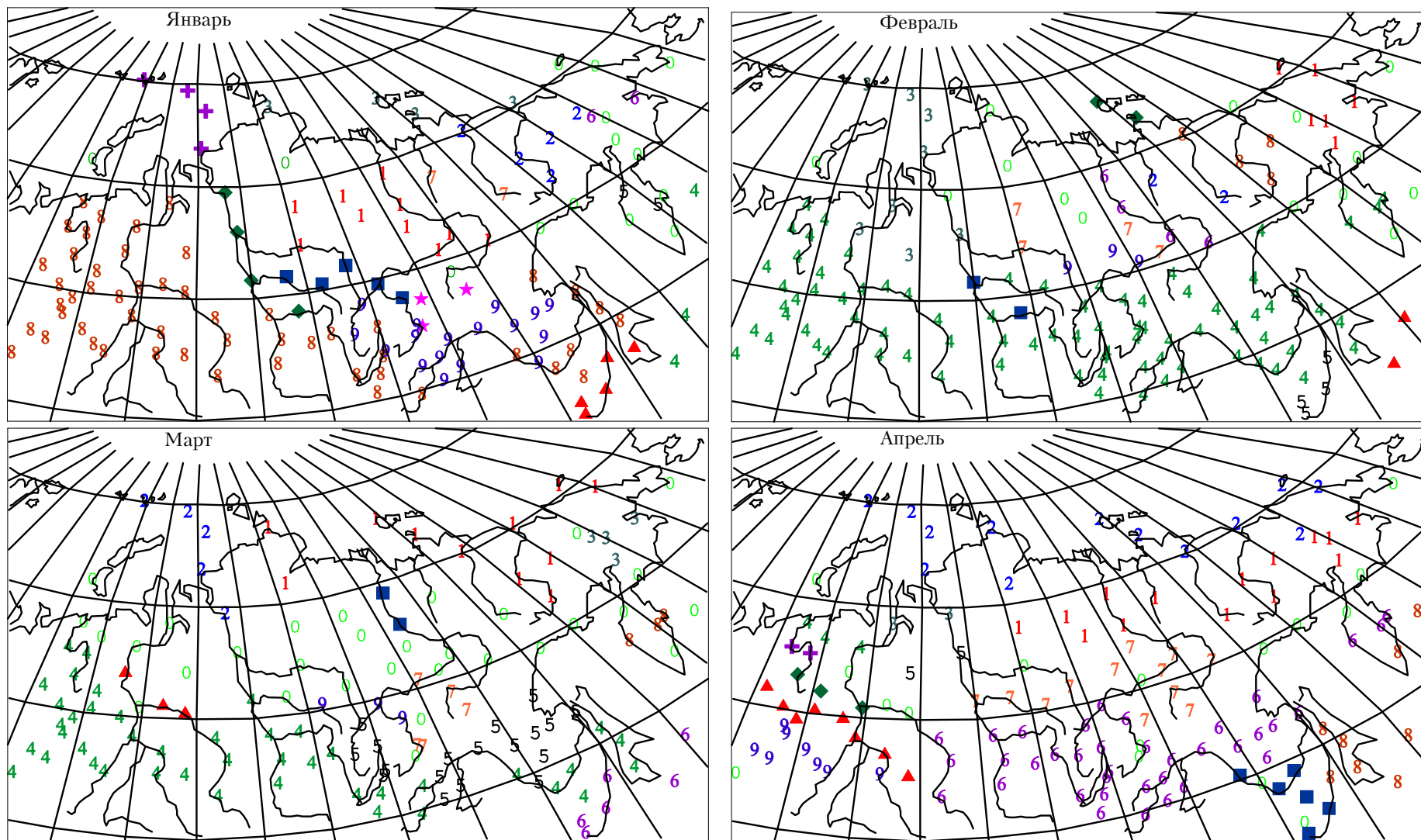


Рис. 2. Классы для Сибири ежемесячно в годовом ходе. Последовательно пронумерованы от 0 до 9, далее 10 – ▲, 11 – ■, 12 – ◆, 13 – ⊕, 14 – ★

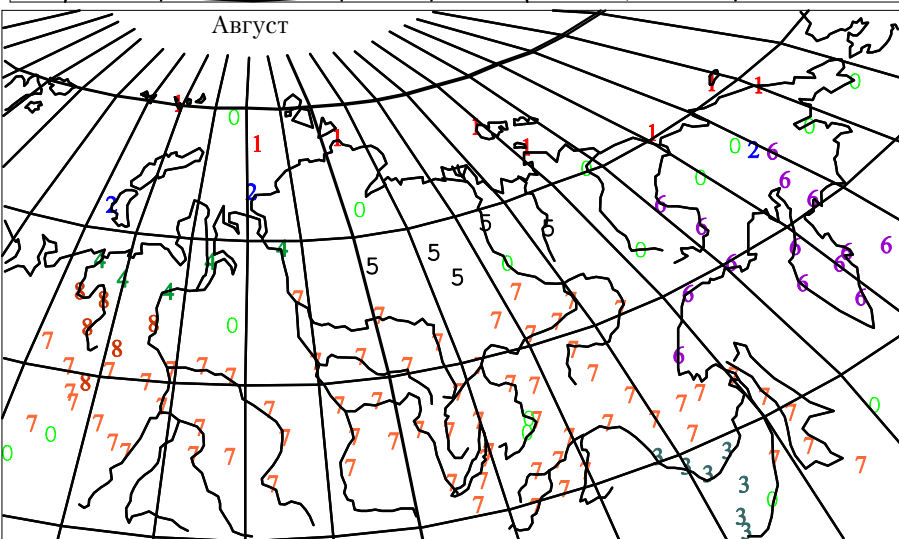
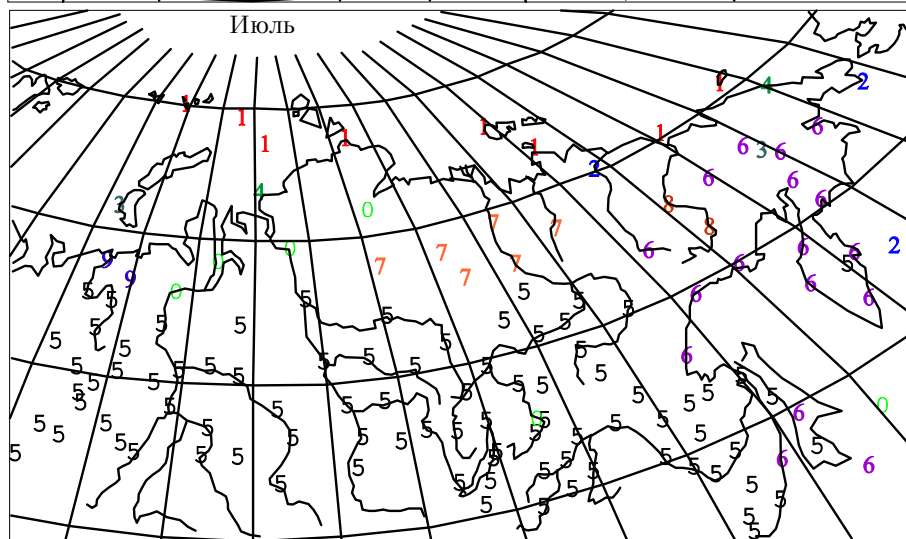
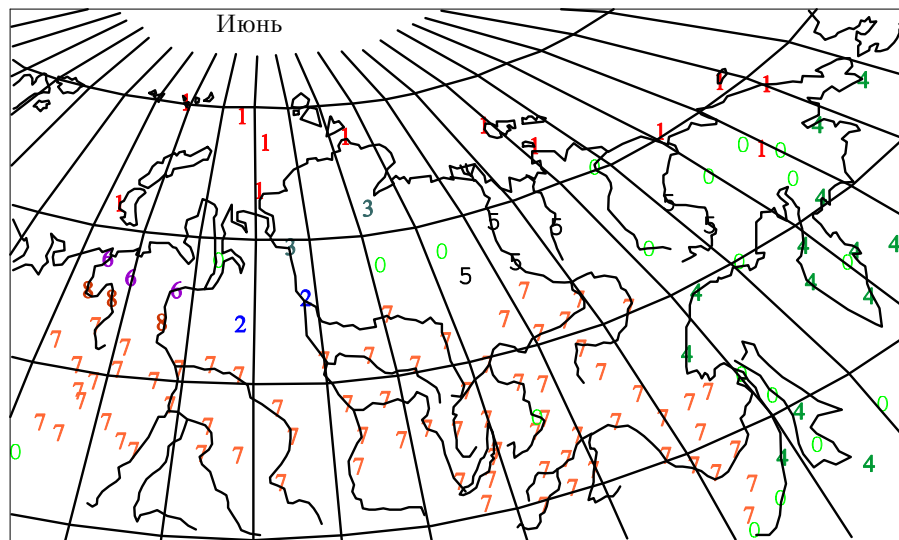
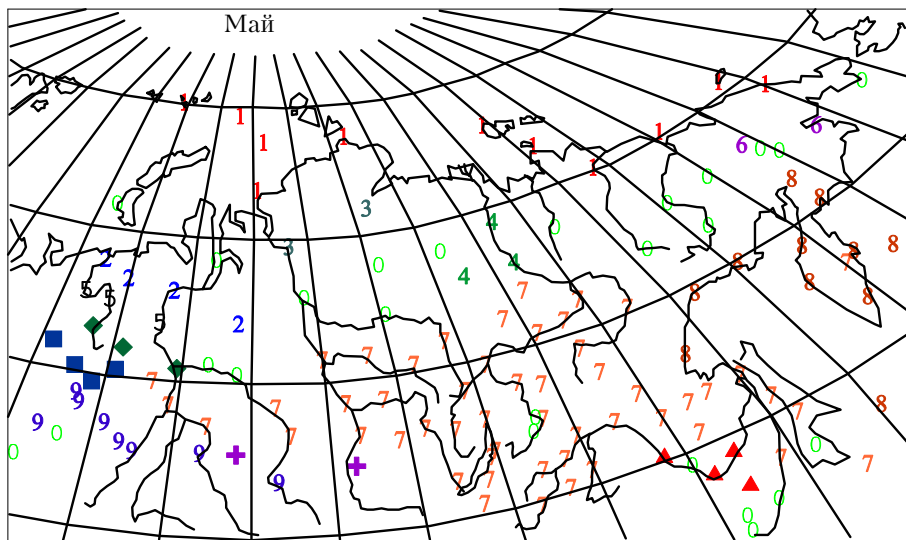


Рис. 2. Продолжение

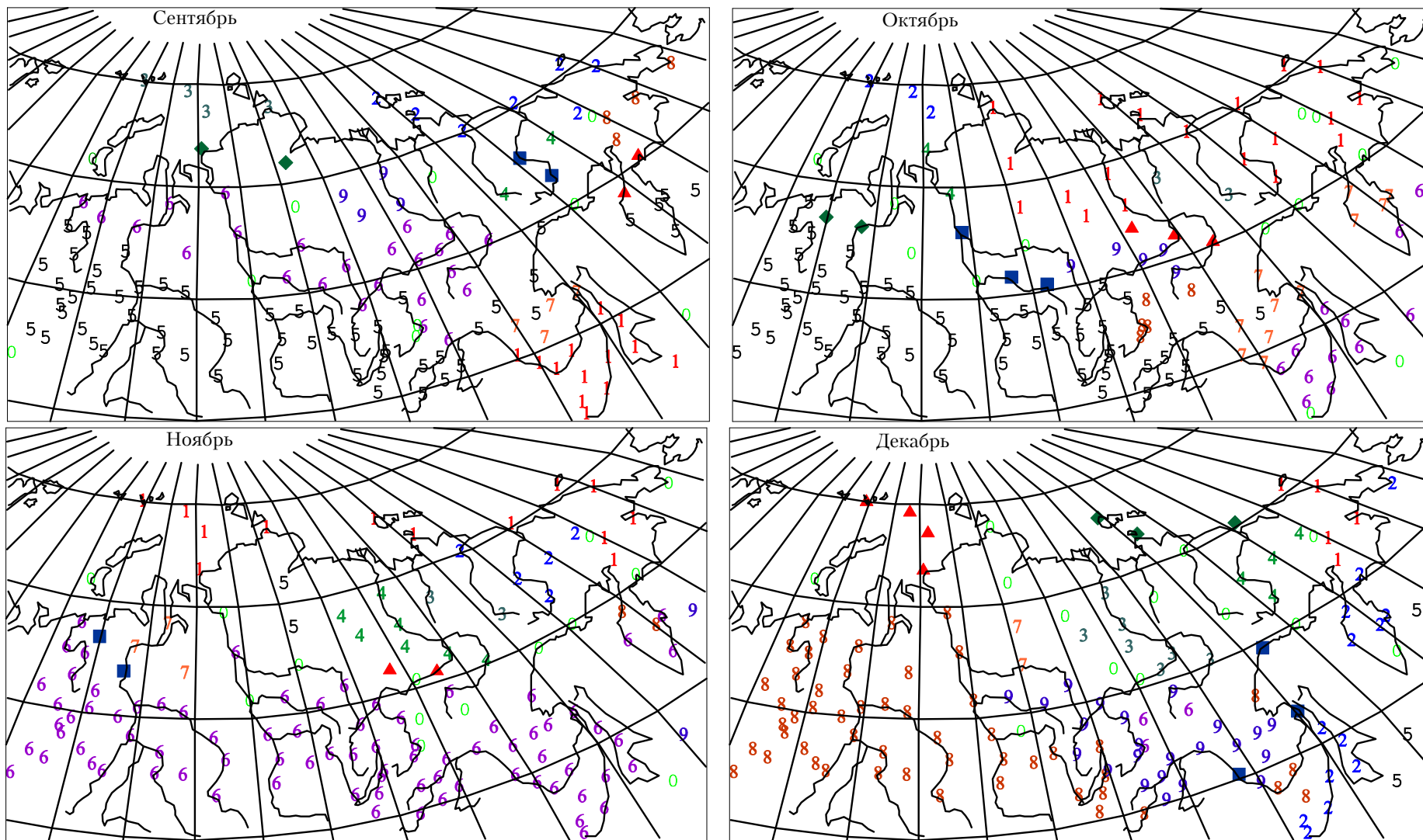


Рис. 2. Окончание