УДК 551.524: 551.513.3(215-17)

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СИНХРОННЫХ СВЯЗЕЙ ПРИЗЕМНЫХ БАРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Л. М. Акимов

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 15 декабря 2011 г.

Аннотация: На основании анализа структурной функции геопотенциала H_{1000} определены радиусы значимых связей в январе и июле для районов с различной подстилающей поверхностью в нескольких меридиональных разрезах.

Ключевые слова: геопотенциал, корреляционные связи, давление, подстилающая поверхность.

Abstract: Analysing of structural function of geopotential H_{1000} the author finds out the radii of meaningful connections in January and July for areas with different underlying surface in several meridional sections.

Key words: geopotential, correlation connections, pressure, underlying surface.

При современной редкой сети метеорологических наблюдений синоптик зачастую сталкивается с проблемой отсутствия в некоторых регионах необходимых данных или они поступают в искаженном виде. Для восстановления необходимой информации имеется много подходов [1, 2, 3]. Наиболее простым и доступным методом является установление пространственно – временных корреляционных связей.

Для выявления связей между значениями давления в пространстве рассматривалась структурная функция, которая показывает, как связаны между собой значения геопотенциала в исходной точке со значениями, находящимися на одной широте на различных удалениях от нее, с шагом 10° меридиана. Исходные ряды строились для поверхности 1000 гПа $\left(H_{t,l,j}^{1000}\right)$ по каждому конкретному узлу (j, l) на широтах $j = 40, 50, 60, 70, 80°$с.ш. для января и июля (t) за 40 летний период.

Структурная функция для конкретной широты j имеет вид:

$$r(r)_j = \frac{1}{(N-1)s^2}\sum_{i=1}^{N} DH_j^t(l_0)_i DH_j^t(l_0+r)_i, \quad (1)$$

где $r(r)_j$ – структурная функция, зависящая от расстояния r, $DH_j^t(l_0)_i$ – текущее значение аномалии геопотенциала АТ-1000 гПа на широте j в исходной точке l; $DH_j^t(l_0+r)_i$ – текущее значение аномалии геопотенциала АТ-1000 гПа в тот же момент времени в точке, находящейся на удалении от исходного меридиана на расстояние r.

Целью данного исследования является выявление радиуса значимых связей для районов с различной подстилающей поверхностью. Для этого использовано несколько вариантов меридиональных разрезов:

1) $l_0 = 0$ – на нулевом меридиане (переход от океана к континенту);

2) $l_0 = 50°$ в.д. – континентальный район Европы;

3) $l_0 = 170°$ з.д. – океаническая поверхность (Тихий океан);

4) $l_0 = 30°$ з.д. – Северная Атлантика.

Расчет проводился для всех календарных месяцев в синхронные сроки. В качестве примера рассмотрим особенности корреляционных связей для января месяца. На рис. 1 представлено пространственное изменение $r(r)_j$ в январе вдоль исследуемых широт для реперной точки $l_0 = 0$.

Как видно из рисунка, характер корреляционных связей на различных широтных зонах различен существенно. Наиболее простой вид имеет кривая $r(r)_{80}$ для широты $j = 80°$. В этой широтной зоне связь на всем пространстве достаточно высокая, на удалении 10° к востоку от репера $r(r)_{80} = 0{,}98$.

© Акимов Л. М., 2012

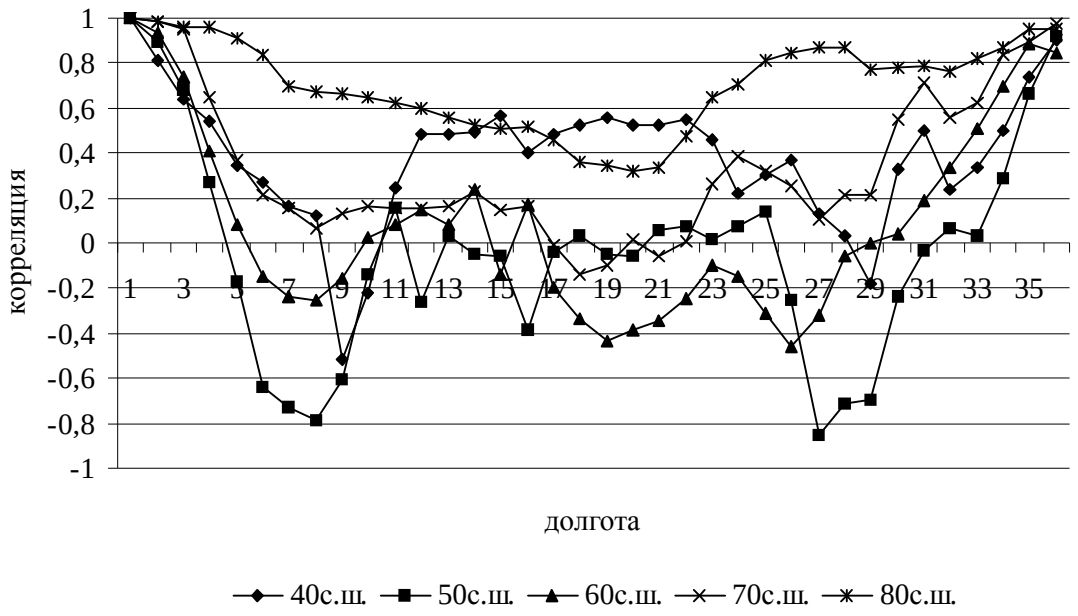

Рис. 1. Распределение корреляционных связей вдоль широтных кругов северного полушария. Январь. Реперная точка $l_0 = 0$

С дальнейшим удалением величина структурной функции незначительно уменьшается. На долготе $l = 40°$ в.д. $r(r)_{80}$ равна 0,91. Более значительное уменьшение корреляционной связи происходит в Восточной Сибири. Минимум наступает над океанической поверхностью на долготе 170° з.д. В этих районах коэффициент корреляции $r(r)$ находится на уровне $0{,}32 \div 0{,}36$.

При переходе на континент Америки $r(r)_{80}$ снова начинает расти, достигая в центральных районах максимальных значений, $r(r)_{80}$ равна 0,87. Несколько уменьшаясь на границе с океанической поверхностью Северной Атлантики, и приближаясь к реперу, они снова увеличиваются до $r(r)_{80}$ равна 0,85.

Иной вид имеет кривая пространственного распределения $r(r)_{70}$ на широте $j = 70°$ с.ш. Прежде всего, в отличие от выше описанного распределения высокие корреляционные связи ($r(r)_{70} = 0{,}99 \div 0{,}95$) имеют место лишь на первых двух шагах, то есть до районов Балтийского моря, но еще на долготах 30 и 40° с.ш. они являются значимыми ($r(r)_{70} = 0{,}65 \div 0{,}37$ соответственно). На остальной континентальной территории Евразии значимые связи отсутствуют вовсе. Высокая корреляция появляется вновь лишь над Северной Атлантикой ($l = 60°$ з.д.), постепенно увеличиваясь с приближением к нулевому меридиану до 0,97.

На широте $j = 60°$ высокие корреляционные связи отмечаются лишь до долготы $l = 10°$, где равна 0,93. При дальнейшем продвижении к востоку значения структурной функции быстро уменьшаются, сохраняя значимые величины лишь до долготы $l = 30°$. На всей континентальной территории, расположенной к востоку от исходной точки, коэффициенты корреляции находятся на уровне случайного шума. В районе Тихого океана ($l = 170°$ в.д. $\div 180°$ з.д.) коэффициенты $r(r)_{60}$ несколько повысились, достигнув значимых величин, но знак этой связи отрицательный. Уровень связи снова возрастает, достигая значимых величин $r(r)$ на долготе 40° з.д., и увеличивается с приближением к реперу до 0,95.

Особый характер имеет кривая распределения коэффициентов корреляции на $j = 50°$. Здесь высокая связь с исходной точкой имеет место лишь до долготы 20°, но появляется уже снова в Восточной Европе ($l = 50°$ в.д.) и Западной Сибири. В этих районах $r(r)_{50}$ находится в пределах $0{,}6 \div 0{,}8$, но знак связи отрицательный. В Северной Атлантике значимая связь отмечается лишь вблизи реперной точки на удалении не более 20°.

На широте 40° высокая связь сохраняется до долготы $l = 40°$. Уровень связей, по сравнению с северными широтами, понизился, хотя и достигает на $l = 10°$ значений 0,81. Коэффициенты корреляции выше случайных наблюдаются и над всей территорией Восточной Сибири и даже Тихого океана, но отсутствуют над Северной Америкой. В Северной Атлантике уровень значимых связей увеличивается, начиная с центральных районов, вплоть до исходной точки.

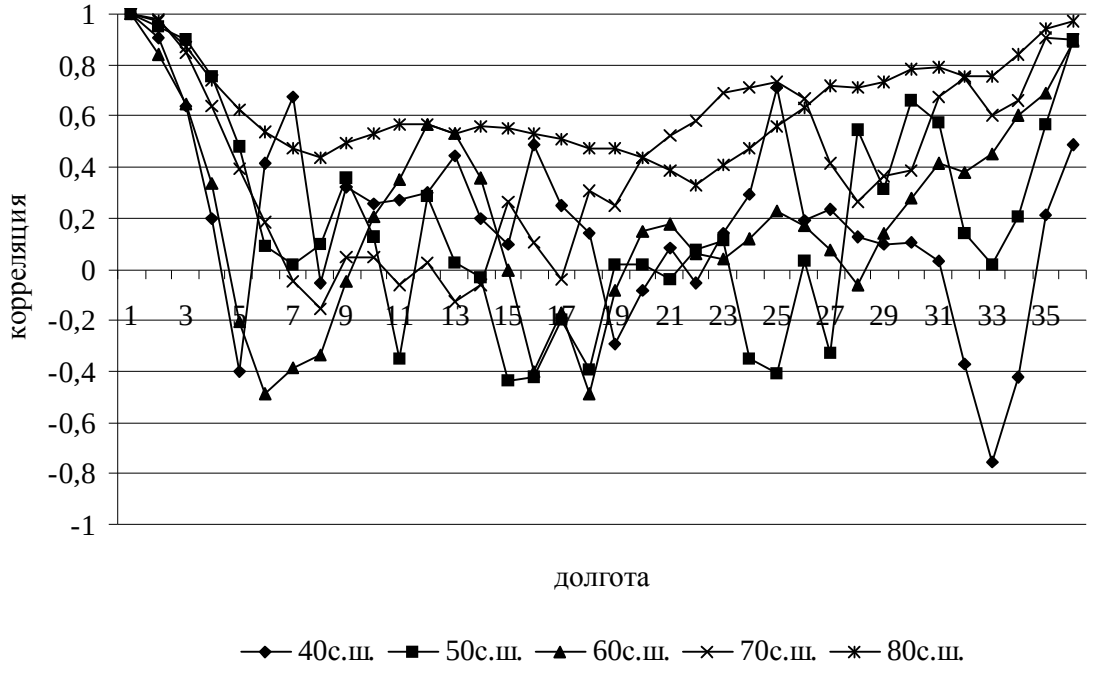

Рис. 2. Распределение корреляционных связей вдоль широтных кругов северного полушария. Июль. Реперная точка $l_0 = 0$

Анализируя характер кривой $r(r)$ для июля (рис. 2) можно сделать вывод, что уровень корреляционных связей $r(r)$ вдоль всех широт, по сравнению с январем, понизился.

Конфигурация кривой $r(r)$ на широте $j = 80°$ с.ш. для июля повторяет характер января. Наиболее высокие корреляционные связи отмечаются лишь до долготы $l = 30°$ в.д. ($r(r)_{30в.д.} = 0{,}74$). Далее к востоку, происходит резкое их понижение. Минимум, как и в январе, наступает так же над Тихим океаном на долготе $l = 170°$ з.д. ($r(r)_{170з.д.} = 0{,}33$). Затем снова коэффициенты корреляции растут вплоть до реперной точки.

На широте $j = 70°$ с.ш. значимые коэффициенты наблюдаются только до долготы $l = 40°$ в.д. ($r(r)_{40в.д.} = 0{,}33$). Далее, над континентом, они практически отсутствуют. И только в районах Северной Атлантики, начиная с $l = 40°$ з.д., наблюдаются высокие корреляционные связи, которые увеличиваются с приближением к реперу.

Распределение коэффициентов корреляции на широте $j = 60°$ с.ш. летом носит колебательный характер с периодической сменой знака. Значимые связи наблюдаются на удалении до $l = 30°$ в.д. и вновь появляются лишь в западных районах Атлантики на долготе $l = 60°$ з.д. ($r(r)_{60з.д.} = 0{,}67$), уровень которых увеличивается с приближением к реперу.

В распределении корреляции на широте $j = 50°$ с.ш. наиболее высокая связь на континенте, наблюдается вблизи реперной точки до долготы $l = 40°$ в.д. ($r(r)_{40в.д.} = 0{,}48$). Далее распределение значимых коэффициентов корреляции носит характер одиночных знакопеременных всплесков, наблюдаемых над континентальной территорией обеих материков. Над акваторией Тихого океана значимые коэффициенты корреляции отсутствуют, а над Атлантическим океаном, появляются лишь с приближением к реперной точке на удалении $20 \div 10°$.

Значимая связь на $j = 40°$ с.ш. наблюдается от исходной точки на удалении 20° к востоку ($r(r)_{20в.д.} = 0{,}64$). Над остальной территорией северного полушария связь имеет случайный характер. В центральных районах Атлантики (от 50° з.д. до 30° з.д.) связь отрицательная с максимальным значением ($r(r)_{40з.д.} = -0{,}75$) в районе $l = 40°$ з.д. С приближением к реперу связь становится значимой лишь на удалении $l = 10°$ з.д.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что в районе нулевого разреза, как летом, так и зимой, в среднем высокие связи отмечаются на удалении до 30°. При этом на $j = 80°$ с.ш. эта связь может распространиться до 170° в.д. Теснота связей к западу от реперной точки изменяется от 20° в южных широтах ($j = 40 \div 50°$ с.ш.), до 60° на $j = 70°$ с.ш., а на

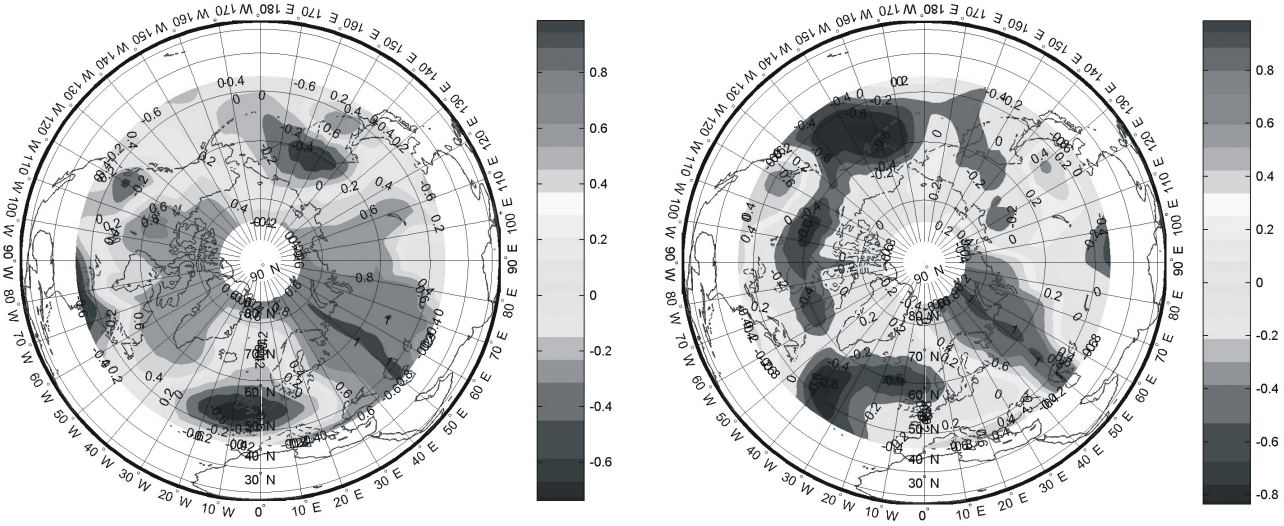

Рис. 3. Пространственное распределение связей по полушарию а) Январь; б) Июль. Реперная точка l =50° в.д.

j =80° с.ш. может достигать 130° з.д., что объясняется неоднородностью подстилающей поверхности.

С целью большей наглядности, для остальных реперных точек, рассмотрим пространственное распределение коэффициентов корреляции по полушарию. На рис. 3а и 3б представлено распределение корреляционных функций в январе и июле для реперной точки, находящейся над континентальной частью, на долготе $l = 50°$ в.д.

На рисунке разной тональностью кратной 0,2 выделены области занятые различной степенью связей с реперной точкой. Наиболее темный фон соответствует максимальным значениям коэффициентов корреляции в данном районе.

Исходя из вида рис. 3а, следует сделать вывод о том, что область занятая значимыми коэффициентами корреляции $(r(r)_{знач.} \geq 0{,}33)$ в январе, охватывает большую часть северного полушария. Наиболее тесные связи $r(r) \geq 0{,}8$ сосредоточены вдоль всего разреза и ограничены с запада от репера 30° в.д., на востоке – 80° в.д., а с учетом $r(r) \geq 0{,}6$ район значимой корреляции расширяется к востоку до 115° в.д. и в основном – севернее 60° с.ш.

Над Северной Америкой, севернее 50° с.ш., находится также очаг повышенных коэффициентов корреляции $(r(r) \geq 0{,}4 \div 0{,}6)$, который с запада ограничен l =140° з.д. и с востока – l =40° з.д., включая запад Гренландии.

Обширный очаг имеет место и в районе Атлантического океана, со значениями $r(r) \geq -0{,}6$, он ориентирован в широтном направлении в зоне j =50 ÷ 60° с.ш. и охватывают территорию от l =30° з.д. до l =10° в.д.

В июле (рис. 3б) зона значимых коэффициентов корреляции $(r(r)_{знач.})$ вблизи репера, по сравнению с холодным периодом, значительно сузилась, особенно на $j = 40 \div 50°$ с.ш. Здесь ее радиус составляет 5° в обе стороны. На широтах j =80 ÷ 60° с.ш. ширина значимых связей увеличивается до 30° на запад и восток от исходной долготы. Небольшой очаг значимых корреляционных связей расположен в районе Дальнего Востока с координатами 50° с.ш. 130° в.д. и максимальным значением $r(r)_{130в.д.} = 0{,}61$. Зона положительных значимых коэффициентов корреляции расположена в центральной части Северной Америки. Она вытянута вдоль широтного круга j =40° с.ш. и имеет максимальное значение на западном побережье материка, на долготе l =120° з.д. ($r(r)_{120з.д.} = 0{,}53$). Вдоль широт j =50 ÷ 60° с.ш. над территорией Америки расположена зона больших отрицательных значений коэффициентов корреляции $(r(r) \geq -0{,}6)$, которые также ориентированы в широтном направлении. Центр очага отрицательных значений расположен в районе $j = 60°$ с.ш., l =110° з.д. со значением ($r(r)_{110з.д.} = -0{,}65$).

Над Тихим океаном большая зона значимых отрицательных связей расположена вблизи западного побережья Северной Америки. Она занимает всю территорию южнее $j = 60°$ с.ш. и ограничена долготами l =130 ÷ 175° з.д. со значением в эпицентре j =50° с.ш., l =180° з.д. ($r(r)_{180з.д.} = -0{,}80$). Над районами Атлантического океана также имеет место зона высоких отрицательных связей. Здесь, как и в районе Тихого океана, наличие значимых коэффициентов корреляции с севера огра-

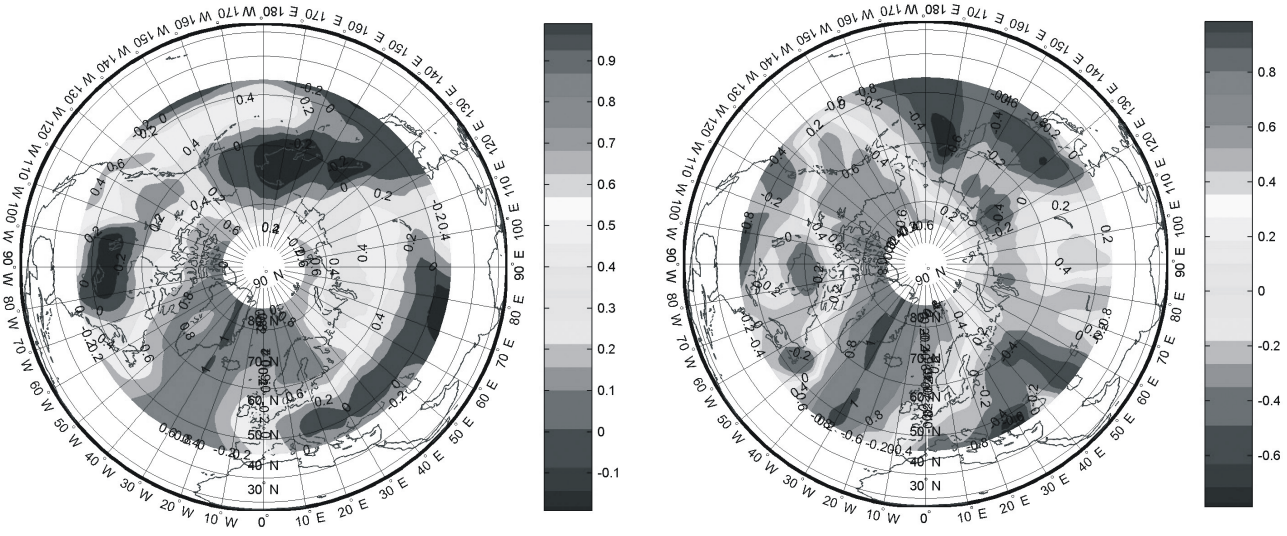

Рис. 4. Пространственное распределение связей по полушарию а) Январь; б) Июль. Реперная точка $l = 30°$ з.д.

ничено широтой j =60° с.ш. Причем, на широтах $j = 40 \div 50°$ с.ш. коэффициенты корреляции располагаются вдоль оси $l = 40°$ з.д. Далее на широте $j = 60°$ с.ш. происходит поворот оси в широтном направлении, огибая Гренландию. Эпицентр связей, со значением $r(r)_{40\,з.д.} = -0{,}83$ расположен на широте j =50° с.ш. и долготе $l = 40°$ з.д.

С целью выявления радиуса связей для давления над океанической поверхностью Северной Атлантики на рис. 4а и 4б, представлено пространственное распределение $r\left[H^{1000}_{(l=30)}, H^{1000}_{(l+r)}\right]$ для $l = 30°$ з.д. вдоль широтных кругов.

Из анализа рис. 4а следует, что в районе реперного разреза $l = 30°$ з.д. мощный очаг $(r(r) \geq 0{,}8)$ имеет меридиональную направленность, расположенную в секторе $15 \div 45°$ з.д. на широтах $40 \div 50°$ с.ш. При этом к северу (j =$70 \div 80°$ с.ш.) эта зона расширяется. Территория, занятая значениями $r(r) \geq 0{,}6$ простирается на удаление от исходной долготы на 40° на запад и 60° на восток.

Над районами Тихого океана очаг значимых коэффициентов корреляции на широтах $60 \div 70°$ с.ш. располагается в широтном направлении и ограничен долготами 150° в.д. $\div 170°$ в.д. На южных широтах этот очаг смещается в западном направлении до $l = 120°$ з.д.

В теплый период года (рис. 4б) симметричная относительно исходной оси область высоких коэффициентов корреляции над Северной Атлантикой сохраняется. Она также расположена вдоль меридиана, однако, зона ее на всех широтах уменьшается, хотя и расширяется к северу.

На $j = 40 \div 50°$ с.ш. территория, охваченная $r(r) \geq 0{,}8$ ограничивается меридианами l =$20 \div 40°$ з.д. К северу ширина зоны сохраняется, но смещается несколько к западу. Территория $r(r) \geq 0{,}6$ расширяется к северу. На j =80° с.ш. она достигает l =20° в.д. на востоке, а на западе соединяется со вторым очагом, расположенным над Тихим океаном, который также вытянут в меридиональном направлении вдоль l =140° з.д. На j =80° с.ш. граница этой зоны находится в пределах l =$110 \div 160°$ з.д.

Над континентальной частью Евроазиатского континента, в районе Черного и Каспийского морей, расположена зона отрицательных значений $r(r)$, с полюсом корреляции $r(r) = -0{,}8$ в районе j =$40 \div 60°$ с.ш. и l =$10 \div 60°$ в.д. Еще одна зона, значимых отрицательных связей, располагается в районе Тихого океана в пределах 140° в.д. $\div 160°$ з.д. на широтах $40 \div 60°$ с.ш.

На рис. 5а и 5б представлено распределение корреляционных связей относительно Тихого океана на долготе l =170° в.д., где по климатическим данным проходит ось барической ложбины.

Из рис. следует, что, как и в выше описанных случаях, в районе Тихого океана зона высоких корреляционных связей вблизи реперного разреза вытянута в меридиональном направлении. На широтах $j = 50 \div 70°$ с.ш. ширина значимой связи с запада и востока составляет 10°. На широте j =80° с.ш. зона высоких коэффициентов распространяется на запад от репера до 90° в.д. и 150° з.д. на восток. На широте $j = 40°$ с.ш. значимая зона расширяется к востоку на 40°.

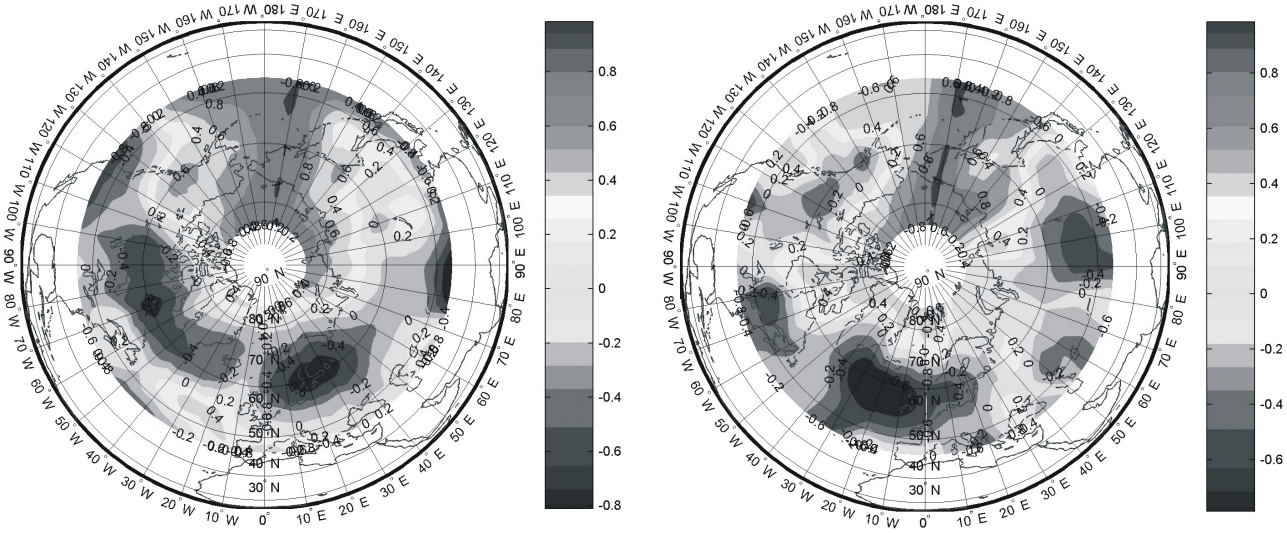

Рис. 5. Пространственное распределение связей по полушарию а) Январь; б) Июль. Реперная точка l =170° в.д.

На широте j =60° с.ш. наблюдаются еще два отрицательных очага. Один из них вытянут от западного побережья Северной Америки до южных берегов Гренландии (l =100 ÷ 30° з.д.) с максимальными значениями $r(r) = -0{,}76$ на l =20 ÷ 30° з.д. Другой очаг находится над Европейской территорией и простирается от 0° в.д. до 50° в.д. с экстремальными значениями в эпицентре $r(r) = -0{,}55$ на l =20 ÷ 30° з.д.

В июле (рис. 5б) зона значимых коэффициентов корреляции в районе исходного меридиана практически сохранилась. Однако ширина ее уменьшилась и охватывает в обе стороны от исходной оси территорию в 30°.

На широтах j =50 ÷ 60° с.ш., в районе Атлантического океана, располагается обширный очаг со значимыми отрицательными связями $r(r)$, охватывающий территорию l =40 з.д. ÷ 30° в.д., со значениями в эпицентре на широте j =50° с.ш., $r(r)_{20-30\,з.д.} = -0{,}76$. На остальной территории значения $r(r)$ находятся в пределах случайных величин.

Выявленные связи позволяют выбрать масштабы отображения объектов, выявить наиболее эффективные зоны на полушарии и в соответствие с ними устанавливать эффективный состав предикторов и предиктантов для долгосрочного прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардин М. Ю. Изменчивость характеристик циклоничности в средней тропосфере умеренных широт северного полушария / М. Ю. Бардин //Метеорология и гидрология. – 1995. – № 11. – С. 24-37.

2. Переведенцев Ю. П. Некоторые особенности атмосферной циркуляции северного полушария и взаимосвязь между слоями / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шанталинский, Н. В. Исмагилов. – Казань : Магариф, 1999. – 64 с.

3. Спиридонова Ю. В. Сопряженность атмосферной циркуляции в различных частях северного полушария / Ю. В. Спиридонова. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 120 с.

Акимов Леонид Мусамудинович
кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, т. (473) 266-56-54, 8-951-850-49-82, E-mail: akl63bk.ru, root@geogr.vsu.ru

Akimov Leonid Musamudinovitch
PhD in Geography, associate professor of the department of geoecology and environmental monitoring, Voronezh State University, Voronezh, tel. (473) 266-56-54, 8-951-850-49-82, E-mail: akl63bk.ru, root@geogr.vsu.ru