

А.С. Иванова<sup>1</sup>, И.В. Латышева<sup>2</sup>, В.И. Мордвинов<sup>1</sup>

## Особенности зимней циркуляции в районе Азиатского антициклона

<sup>1</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск*  
<sup>2</sup> *Иркутский государственный университет*

Поступила в редакцию 25.11.2003 г.

Выполнен корреляционный анализ динамики полей давления и температуры зимой в районе Центральной Азии. Сопоставления полей корреляции с разными временными сдвигами позволили оценить пространственный и временной масштаб синоптических процессов в области действия Азиатского антициклона. Оказалось, что наряду с арктическими вторжениями или в связи с ними на район Центральной Азии оказывают влияние процессы, развивающиеся в субтропических и тропических широтах. При наблюдающейся климатической тенденции увеличения теплосодержания океанов влияние южных переносов может привести к изменению интенсивности зимних процессов над Азией.

В зимний период крупномасштабное распределение термобарических полей атмосферы в Центральной Азии определяет Азиатский антициклон — важнейший континентальный центр действия атмосферы, влияющий на аэросиноптические и погодные условия как на Азиатском материке, так и далеко за его пределами (Африка, Индийский, Тихий океаны и т.д.). В работах Н.М. Калмыковой, П.Е. Лайдольфа, М.А. Петросянца, Х.П. Погосяна, Р.Р. Хайруллина и др. исследованы пространственная структура, вклад термодинамических и орографических факторов в формирование и развитие Азиатского максимума.

Формирование Азиатского антициклона связывают с усилением полярной фронтальной зоны над Европой и ее смещением на охлаждающуюся поверхность материка [1]. Движение антициклонов в зональных потоках с последующим торможением вблизи Центральноазиатской горной системы сопровождается динамическим ростом атмосферного давления в районе Азиатского максимума, дальнейшее существование которого поддерживается радиационным выхолаживанием подстилающей поверхности. Наибольшей интенсивности (1046 гПа) антициклон достигает в середине зимы при 4–6 замкнутых изобарах и меридиональной ориентации большой оси [2].

Наблюдаемые в последние десятилетия изменения интенсивности и структуры Азиатского антициклона могут быть обусловлены изменениями как термического, так и циркуляционного режима. Причиной изменения термического режима может быть изменение газового и аэрозольного состава атмосферы, а причиной динамических вариаций — изменения общей циркуляции атмосферы. Цель нашей работы заключалась в изучении пространственной структуры и масштабов динамических процессов над Центральной Азией. Для анализа использовались предварительно обработанные данные

NCEP/NCAR Reanalysis за 1948–2000 гг. [3]. Предварительная обработка состояла в исключении из временных рядов сезонных изменений, для чего использовалось скользящее усреднение в интервале 16 сут. На следующем этапе рассчитывались поля коэффициентов корреляции синоптических вариаций приземных и высотных термобарических полей за два зимних месяца (60 дней в январе и феврале) в узлах пространственной сетки  $2,5 \times 2,5^\circ$  с вариациями в центре Азиатского максимума. Поля корреляции рассчитывались с временными сдвигами от  $-5$  до  $+4$  сут, что позволяло проследить наиболее типичную динамику барических образований, проходящих через Центральную Азию, начиная от момента зарождения до затухания. Аналогичная техника использовалась, например, для исследования отклика циркуляции Южного полушария на изменения температуры поверхности океана в экваториальной Пасифике [4]. В этой же работе приведены оценки статистической значимости коэффициентов корреляции. Вследствие специфики корреляционного анализа возмущения не разделялись по знаку. Это ограничивало возможности интерпретации полученных корреляционных полей, так как характер развития возмущений циклонического и антициклонического типа различен. Тем не менее полученные результаты оказались весьма интересными.

Расчеты корреляционных полей были выполнены за все 50 лет архива NCEP/NCAR Reanalysis. Оказалось, что полученные корреляционные поля квазибаротропны, т.е. развивающиеся возмущения охватывают практически всю толщу тропосферы и имеют очень большой пространственный и временной масштаб. Начальные и заключительные фазы возмущений удалось проследить на большей части Северного полушария вплоть до экваториальных широт. Так как, очевидно, не все возмущения имеют столь большое время жизни, значения коэффи-

циентов корреляции при увеличении временных сдвигов вполне естественно убывали примерно от 0,7–0,9 при сдвиге, равном нулю, до 0,2–0,3 при сдвигах в 4–5 дней. Поэтому для увеличения точности оценок коэффициентов корреляции мы усреднили корреляционные поля за 11 лет с 1990 по 2000 г.

В связи с тем что характеристики синоптических процессов, связанных с прохождением барических образований через Центральную Азию, оказались весьма устойчивыми, что показало и простое сопоставление корреляционных полей за различные годы, значения коэффициентов корреляции в пределах зоны действия этих процессов при усреднении изменились мало, а уровень случайных флуктуаций существенно уменьшился. Уменьшение уровня случайных флуктуаций удобно было контролировать по значениям коэффициентов корреляции в Южном полушарии, где они после усреднения не превышали 0,1. Этот уровень и был принят за границу надежности оценки коэффициентов корреляции. Дополнительным свидетельством реальности оценок была отчетливая регулярность в изменении со временем особенностей структуры корреляционных полей Северного полушария.

На рис. 1 приведены распределения коэффициентов корреляции вариаций высоты  $H_{500}$  в узлах сетки  $2,5 \times 2,5^\circ$  с вариациями приземного давления в центре Азиатского антициклона, усредненные за 11 лет с 1990 по 2000 г. Эти данные позволяют проследить полный цикл развития наиболее долгоживущих барических образований и связанных с ними процессов в центре Азиатского антициклона.

Из рис. 1, *a* видно, что появлению возмущений в центре Азии предшествует образование на высотах областей отрицательной корреляции над Скандинавией и югом Западной Сибири, развитие которых при смещении на юго-восток сопровождалось образованием сопряженной с ними области положительной корреляции над севером Западной Сибири. Усиление последней и ее движение на восток способствовали развитию возмущений в поле давления над Монголией. Аномалии корреляционных полей приземного давления оказались аналогичны высотным с некоторым опережением во времени и незначительным смещением к востоку.

Анализ корреляционных полей приземного давления и температуры с временным сдвигом от  $-5$  до  $0$  сут показал, что развитию синоптических возмущений в районе Азиатского максимума предшествовало появление в поле температур области отрицательной корреляции на северо-западе Евразии, смещающейся на Западную Сибирь, где в поле корреляции давления и геопотенциала наблюдался очаг положительных значений корреляции. Над возвышенными районами Тибетского плато и Средней Азии, севером Африки, Средиземноморьем и Каспием происходило усиление области положительной корреляции в поле температур. В «нулевой» день над Монголией сохранялась устойчивая область отрицательной корреляции в поле температур, что вполне естественно, так как усиление антициклогенеза чаще всего происходит над более охлажденной поверхностью [1].

Не менее интересна и последующая картина развития барических возмущений, проходящих через Центральную Азию (рис. 1, *б*). Часть возмущений, распространяющихся в юго-восточном направлении, генерирует на побережье Тихого океана барические образования противоположного знака, смещающиеся затем на северо-восток. Возмущения с более южной траекторией достигают Индии. Возможно, ситуация является более сложной, так как в отдельные годы довольно уверенно выделяется область отрицательной корреляции в тропиках Тихого океана, перемещающаяся на запад еще до «нулевого» дня. Затем эта область соединяется с возмущением, достигшим побережья Индийского океана. Ее появление может указывать на два возможных механизма формирования возмущений над Центральной Азией – вследствие распространения термобарических возмущений с севера и распространения возмущений с юга и юго-востока, например возмущений типа тропических депрессий, генерируемых областями активной конвекции в тропиках, или бароклинные области на юге Азии. Следует, однако, заметить, что значения коэффициентов корреляции в тропической Пасифике после усреднения за 11-летний период оказались примерно на уровне фона, поэтому в соответствии с принятым выше критерием надежности оценок коэффициентов корреляции мы не можем настаивать на достоверности данного предположения.

Проведенный анализ предполагает следующий циркуляционный механизм развития барических возмущений над Центральной и Восточной Азией. Существенное влияние на динамику термобарических полей на исследуемой территории, на наш взгляд, оказывают синоптические возмущения как высоких, так и низких широт. По северу они выражаются в распространении интенсивных заторов холода в низкие широты при образовании и развитии вторичных волн в тылу основных высотных ложбин, смещающихся на восток. Меандрированию длинных волн часто способствует блокирование процессов в Европе, а также орографическое влияние горных хребтов Средней Азии и Тибетского плато. Если при волнообразовании горизонтальная ось высотной ложбины наклонена с северо-востока на юго-запад, то согласно многочисленным исследованиям [5] интенсивен перенос возмущений из тропических широт в умеренные. В построенных нами корреляционных полях  $H_{500}$  (см. рис. 1, *a*) наиболее устойчивой оказалась область отрицательной корреляции, ориентированная в данном направлении, что указывает на сильное влияние южных широт. Источником возмущений в тропических широтах может быть бароклинная зона между выхожденной радиационным путем тропосферой над Азией и тропосферой над Индийским океаном. Бароклинная неустойчивость в данной зоне может возрастать за счет выделения скрытого тепла при развитии кучевой облачности в тропических возмущениях либо адвекции холода из умеренных широт, обусловленной сближением субтропического и полярного струйных течений.

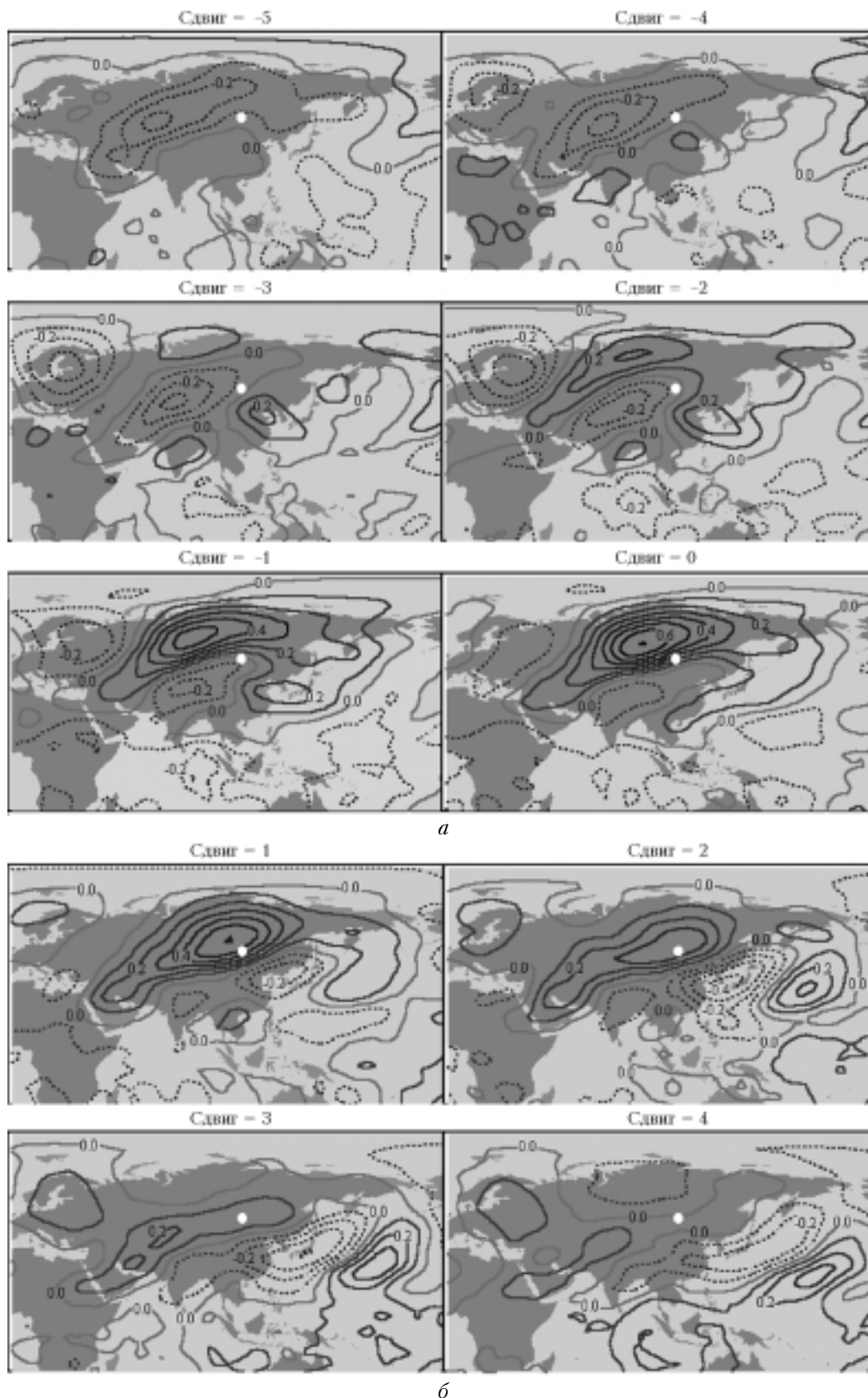


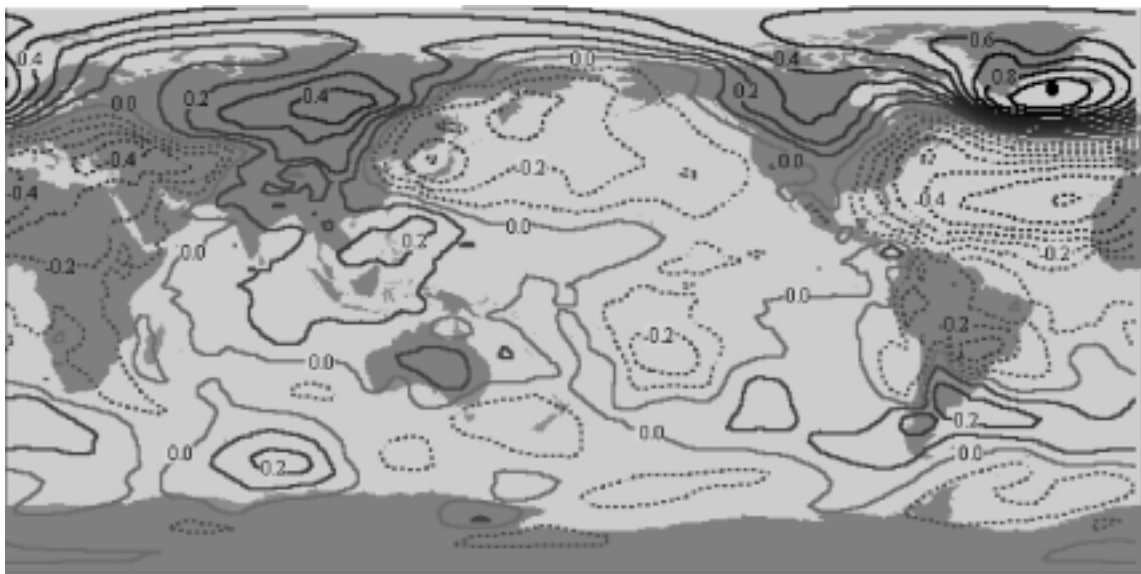
Рис. 1. Распределения коэффициентов корреляции среднесуточных значений  $H_{500}$  в узлах сетки  $2,5 \times 2,5^\circ$  и давления в центре Азиатского антициклона ( $105^\circ$  в. д.,  $48^\circ$  с. ш., светлый кружок). Сплошными линиями выделены положительные изокорреляты, штриховыми – отрицательные: *a* – временной сдвиг от  $-5$  до  $0$  сут, *б* – от  $1$  до  $4$  сут

Возникающие в бароклинной области волновые возмущения переносят тепло к северу и способствуют образованию гидродинамической неустойчивости на полярном фронте, следствием чего являются деформация длинных волн в тропосфере и прорыв холодного воздуха из полярной области в южном направлении.

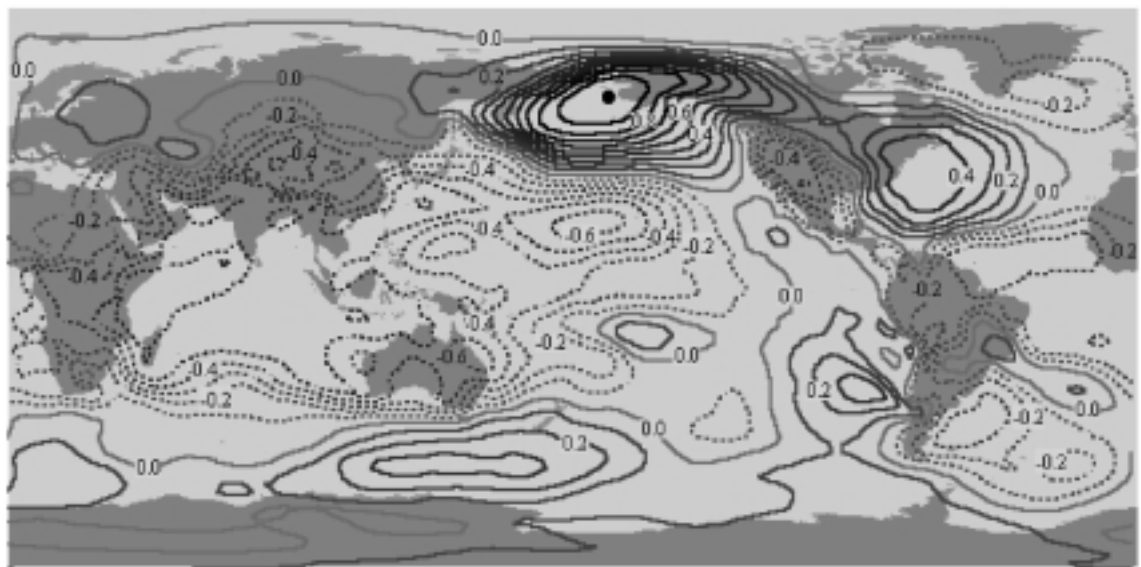
К сожалению, корреляционный анализ синоптических возмущений не позволяет получить более убедительные свидетельства влияния южных процессов на Центральную Азию. Косвенным подтверждением данной гипотезы являются карты коэффициентов корреляции среднемесячных барических полей на межгодовых интервалах времени. На

рис. 2,*а* такие карты построены для января. Значения в узлах сетки представляют собой коэффициенты корреляции межгодовых вариаций среднеянварского приземного давления с вариациями давления в центре Исландского минимума (см. рис. 2,*а*).

На рис. 2,*б* построено распределение коэффициентов корреляции относительно центра Алеутской депрессии. Рис. 2,*а* довольно убедительно указывает на то, что одним из основных источников межгодовых вариаций в Центральной Азии является Североатлантическое колебание, а рис. 2,*б* не только иллюстрирует влияние южных процессов на Центральную Азию, но и указывает на возможную связь этих процессов с динамикой Алеутской депрессии.



*а*



*б*

Рис. 2. Распределение коэффициентов корреляции межгодовых вариаций среднемесячного давления в узлах пространственной сетки  $2,5 \times 2,5^\circ$  и в центре Исландской депрессии (*а*), в узлах сетки и в центре Алеутской (*б*) депрессии. Сплошными линиями выделены положительные изокорреляты, штриховыми — отрицательные

Результаты анализа полей корреляции давления и температуры в районе Центральной Азии позволили оценить пространственный и временной масштабы синоптических процессов в области действия Азиатского антициклона. Оказалось, что наряду с арктическими вторжениями или в связи с ними на район Центральной Азии оказывают влияние процессы, развивающиеся в субтропических и тропических широтах. Завершающей фазой динамики возмущений, проходящих через Центральную Азию, является генерация барических образований противоположного знака над югом и юго-востоком Азии, распространяющихся затем соответственно в западном и северо-восточном направлениях.

*A.S. Ivanova, I.V. Latysheva, V.I. Mordvinov. Peculiarities of winter circulation in the region of Asian anticyclone.*

The correlation analysis of the pressure and temperature field dynamics in winter in Central Asia has been performed. The comparison of the correlation fields with different time shifts has allowed estimation of the space and time scales of synoptic processes in the region of the Asian anticyclone. It turned out that, along with arctic intrusions, the processes developing in subtropical and tropical latitudes affect the region of Central Asia. At the observed climatic tendency to the increase in the heat content of the oceans, the effect of the southern transport can result in alternation of the intensity of winter processes over Asia.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2001-0550.

1. *Витвицкий Г.Н.* Зональность климата Земли. М.: Мысль, 1980. 253 с.
2. *Хайруллин Р.Р.* О сезонных изменениях характеристик длинных волн в северном полушарии: Географ. сб. КГУ, 1969. Вып. 4. 52 с.
3. *Solman S.A., Menendez C.G.* ENSO-Related Variability of the Southern Hemisphere Winter Storm Track over the Easter Pacific – Atlantic Sector // *J. Atmos. Sci.* 2002. V. 59. N 13. P. 2128–2140.
4. *Kalnay E. and coauthors.* The NCEP/NCAR 40 Year Reanalysis Project // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 1996. V. 77. P. 437–471.
5. *Пальмен Э., Ньютон И.* Циркуляционные системы атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 615 с.