

АТМОСФЕРНАЯ РАДИАЦИЯ, ОПТИЧЕСКАЯ ПОГОДА И КЛИМАТ

УДК 551.513

Летняя циркуляция атмосферы Северного полушария в периоды сильного и слабого муссона Восточной Азии

О.Ю. Антохина¹, П.Н. Антохин¹, О.С. Кочеткова², В.И. Мордвинов^{2*}

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
634021, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1

²Институт солнечно-земной физики СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126а

Поступила в редакцию 14.07.2014 г.

По данным реанализа ERA-40 и ERA-Interim выполнен композитный анализ среднемесячных полей давления и ветра в годы с сильным и слабым летним муссоном Восточной Азии. Исследование показало, что периоды с сильным муссоном характеризуются усилением меридиональных потоков над Восточной Азией, особенно в области взаимодействия муссона и циркуляции умеренных широт, где возникает зона повышенной циклоничности. Давление над большей территорией Азии в годы со слабым муссоном заметно выше, чем в годы с сильным муссоном. В периоды слабого муссона полярный вихрь ослаблен, однако ложбины над Охотским и Карским морями, а также над Гудзоновым заливом отчетливо развиты, понижено давление в районе Алеутской депрессии. Наиболее сильные и значимые долговременные изменения в поле давления, указывающие на ослабление меридионального обмена в последние десятилетия, характерны для областей конвергенции меридиональных потоков Восточноазиатского и Африканского муссонов.

Ключевые слова: летний Восточноазиатский муссон, общая циркуляция атмосферы, ослабление муссона, геопотенциал, поле скорости, меридиональные потоки, тропосферные ложбины; East Asian summer monsoon, general atmospheric circulation, weakening of monsoon, geopotential, wind velocity field, meridional flows, tropospheric trough.

Введение

Исследования климатической изменчивости Восточной Азии привлекают большое внимание [1–11]. Причиной этого является существенное увеличение засушливости в летний период на обширной территории Северного Китая, Монголии и Забайкалья. Большинство исследователей считают, что рост засушливости обусловлен снижением переноса влаги Восточноазиатским муссоном (МВА) [4–11], вероятно вследствие глобальных климатических изменений [4].

Другим важным фактором роста засушливости являются изменения фронтальной системы МВА, разделяющей воздушные массы умеренных широт и тропиков [12]. С этой фронтальной системой и развивающимися на ней циклоническими возмущениями связано выпадение осадков в северных районах Китая, Восточной Монголии, а также в Забайкалье на территории РФ [13–15]. Согласно [15] широтная область 40–50° с.ш. в Восточной Азии является одним из районов наиболее частого появления внутропи-

ческих «глубоких» циклонов, траектории которых, особенно на начальной стадии развития, тесно связаны с положением атмосферных фронтов. В зависимости от пространственной структуры и интенсивности циркуляций в умеренных широтах и тропиках положение фронтальной системы может меняться в достаточно широких пределах. При северном положении этой системы муссон может достигать Монголии, Забайкалья и северных границ Китая.

Так как циркуляция в умеренных широтах и тропиках подчиняется различным закономерностям, фронтальная система может испытывать весьма сложные изменения со временем. Поэтому исследование причин изменчивости атмосферных осадков в северной части Восточной Азии представляет собой трудную задачу, для решения которой необходимы анализ вариаций положения и интенсивности фронтальной системы, изучение долговременных изменений переноса влаги Восточноазиатским муссоном, а также динамики циркуляции атмосферы в умеренных широтах и тропиках. Целью нашей работы является, во-первых, анализ долговременных изменений Восточноазиатского муссона по данным реанализа; во-вторых, выявление особенностей циркуляции атмосферы умеренных широт и тропиков в годы с сильным и слабым переносом влаги в северные районы Восточной Азии.

* Ольга Юрьевна Антохина (olgayumarchenko@gmail.com); Павел Николаевич Антохин (arp@ia.irk.ru); Ольга Сергеевна Кочеткова (olgak@iszf.irk.ru); Владимир Иванович Мордвинов (v_mordv@iszf.irk.ru).

1. Методика и данные исследования

Интенсивность муссона оценивается чаще всего либо в терминах аномалий осадков, либо в терминах аномалий циркуляционного режима [16]. Оба способа обладают как преимуществами, так и недостатками. Сложность оценки интенсивности муссона первым способом заключается в весьма неравномерном выпадении осадков. Неясно, в какой из областей следует рассчитывать эту характеристику. Аномалии циркуляции, в свою очередь, не всегда однозначно связаны с количеством и распределением осадков.

Независимо от способов оценки интенсивности муссона, в метеорологии существует традиционное представление о сильном и слабом муссонах [13, 16]. Сильным в Восточной Азии считается муссон, интенсивно переносящий влагу в северные районы. Атмосферные осадки в этом случае смещены к северу (смещение фронта «мей-у»), а в области климатического фронта (области «rainbelt») наблюдаются существенное ослабление конвергенции и уменьшение количества выпадающих осадков. При слабом муссоне аномалии в распределении осадков меняют знак. Распределения аномалий осадков при сильном и слабом муссонах представлены, например, в [6].

Тесная связь сильного и слабого муссонов с переносом влаги вдоль восточного побережья Азии позволяет использовать в качестве характеристики муссона меридиональную составляющую скорости в этом районе. В определенной степени эту характеристику можно отнести ко второму типу оценок интенсивности муссона по особенностям циркуляции атмосферы. Поскольку нас интересует интенсивность переноса влаги вдоль побережья Восточной Азии севернее 35° с.ш., в качестве индекса интенсивности муссона мы использовали средние меридиональные компоненты скорости на уровне максимального развития муссона 850 гПа в области $35\text{--}50^\circ$ с.ш., $115\text{--}135^\circ$ в.д.,

осредненные за июль — период максимального развития муссона.

Для расчета характеристик муссона использовались данные реанализа. Наиболее популярными среди исследователей долговременной изменчивости атмосферной циркуляции являются архивы NCEP/NCAR V1 [17] и ERA-40 [18]. Качество воспроизведения характеристик циркуляции атмосферы в Восточной Азии по данным этих двух архивов анализировалось, например, в [19, 20]. Авторы работ сходятся во мнении, что архив NCEP/NCAR имеет ряд существенных недостатков до 70-х гг. XX в. Основной проблемой являются заниженные величины приземного давления. Так как остальные характеристики тесно связаны с приземным давлением, ошибки обнаруживаются и в них (поле скорости, влагосодержание, восходящие движения). Наиболее высокая степень согласованности данных архивов появляется только с 1980-х гг. [21].

На рис. 1 представлены графики изменений меридиональной компоненты скорости, усредненной в области $35\text{--}50^\circ$ с.ш., $115\text{--}135^\circ$ в.д., по данным различных реанализов. Так как архив ERA-40 закончился в 2002 г., за более поздний период были использованы данные ERA-Interim (1979–2013) [22], продолжающие ряд ERA-40. Видно, что для данных NCEP/NCAR до середины 1960-х гг. характерны очень высокие значения скорости. Возможно, причиной появления экстремально высоких скоростей в архиве NCEP/NCAR является ошибка, описанная Kistler [23], которая сильно исказила значения давления на востоке Евразии: в Китае, Монголии и части юга Восточной Сибири. Начиная с 70-х гг. вариации скоростей, по данным разных архивов, показывают высокий уровень согласия. Учитывая недостатки архива NCEP/NCAR, в дальнейшем мы будем использовать данные архивов ERA-40 и ERA-Interim.

Хорошо видно, что примерно с 1970 по 2010 г. интенсивность муссонной циркуляции снижалась.

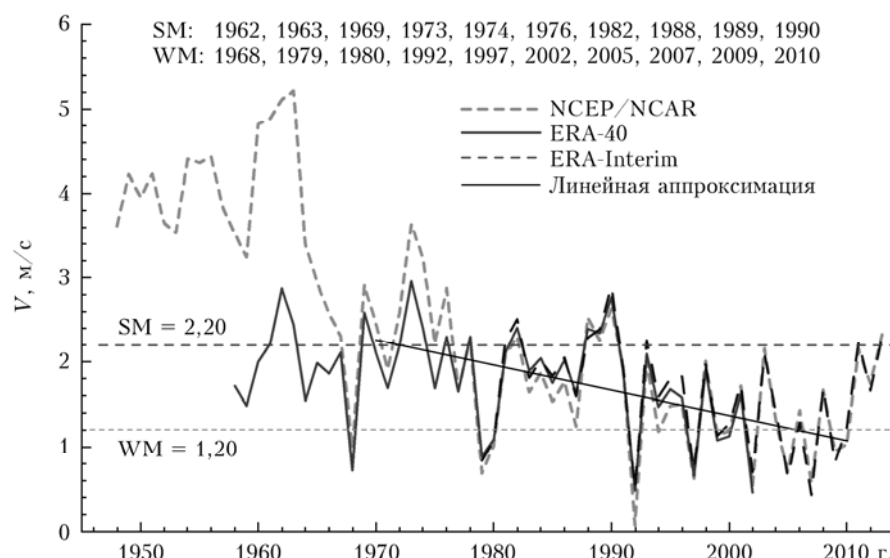


Рис. 1. Вариации средней меридиональной компоненты скорости V в области $35\text{--}50^\circ$ с.ш., $115\text{--}135^\circ$ в.д. по данным архивов реанализа: штриховые линии — пороговые значения для выборки сильного (SM) и слабого (WM) МБА; тонкая сплошная линия — линейная аппроксимация V за период 1970–2010 г. (t), $dV/dt = -0,03$ мс⁻¹/год; $r = 0,56$

Параметры тренда приведены в подписях к рис. 1, их значимость подтверждается критериями Стьюдента (величина тренда — dV/dt) и Фишера (коэффициент корреляции исходного ряда и тренда — r) при уровне значимости 0,01. В последние 3 года интенсивность циркуляции снова стала расти, однако продолжительность этого периода пока не достаточна для того, чтобы можно было говорить о восстановлении муссонной циркуляции.

Для анализа особенностей циркуляции, соответствующих периодам усиления и ослабления муссона, по результатам расчетов меридиональной компоненты скорости ветра архива ERA-40 с 1958 по 2002 г. и данным ERA-Interim с 2003 по 2013 г. были выбраны годы с сильным муссоном (SM — strong monsoon, средняя меридиональная скорость больше 2,2 м/с) и слабым муссоном (WM — weak monsoon, скорость меньше 1,2 м/с). Сильный муссон наблюдался в 1962, 1963, 1969, 1973, 1974, 1976, 1982, 1988, 1989, 1990 гг.; слабый — в 1968, 1979, 1980, 1992, 1997, 2002, 2005, 2007, 2009, 2010 гг. Для этих лет были составлены композитные карты скорости ветра, а также карты разности полей скорости ветра и геопотенциала на стандартных изобарических поверхностях.

2. Результаты исследований

2.1. Циркуляция атмосферы в периоды сильного и слабого муссонов

Распределения полей скорости ветра, а также их разностей для периодов сильного и слабого муссонов приведены на рис. 2. Кроме того, по критерию Стьюдента была оценена достоверность разностей поля скорости в каждой точке и на основании этих оценок на рис. 2, в показаны области, в которых достоверность разности полей WM–SM превышает уровень значимости 0,05.

Видно, что в годы с сильным муссоном интенсивность циркуляции атмосферы выше над Восточной Азией, над континентальной частью Азии усилен меридиональный обмен между тропическими и полярными областями, отчетливо выражена конвергенция северных и южных потоков к востоку от оз. Байкал. В годы слабого муссона межширотный обмен ослаблен, но на периферии Тихоокеанского антициклона скорости, напротив, выше.

Интересные особенности выявляются при анализе композитных карт разностей высот геопотенциала при сильном и слабом МВА (рис. 3).

Достоверность разностей оценивалась аналогично разностям поля скорости. На нижних уровнях тропосферы хорошо выделяются особенности барического поля, типичные для разных состояний МВА. При сильном (слабом) муссоне давление вдоль восточного побережья Азии понижено (повышено), а над континентальной частью Восточной Азии повышено (понижено). Однако аномалии барического поля продолжают далеко за пределы области распространения МВА, в частности с МВА оказываются связанными барические аномалии в западной части Индийского океана и восточной части Тихого океана.

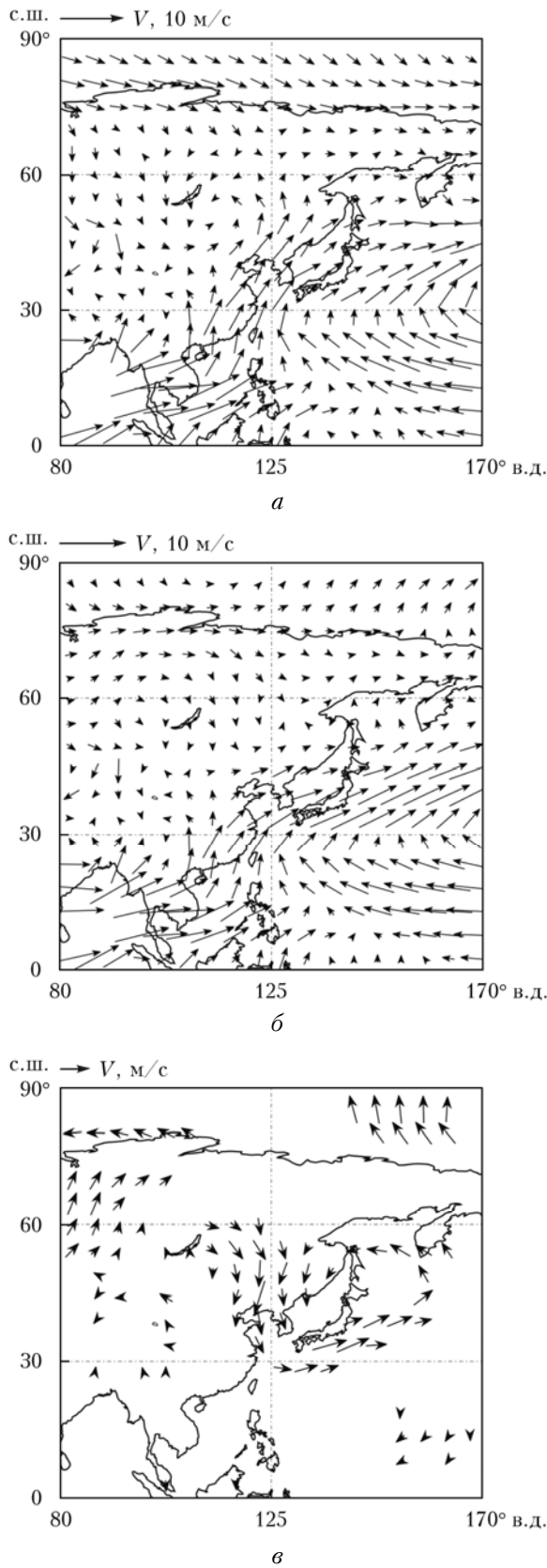


Рис. 2. Композитные карты поля скорости на уровне 850 гПа в годы SM (а), WM (б) и разности WM–SM (в). Разности показаны для областей, в которых уровень значимости по t -критерию Стьюдента превышает 0,05

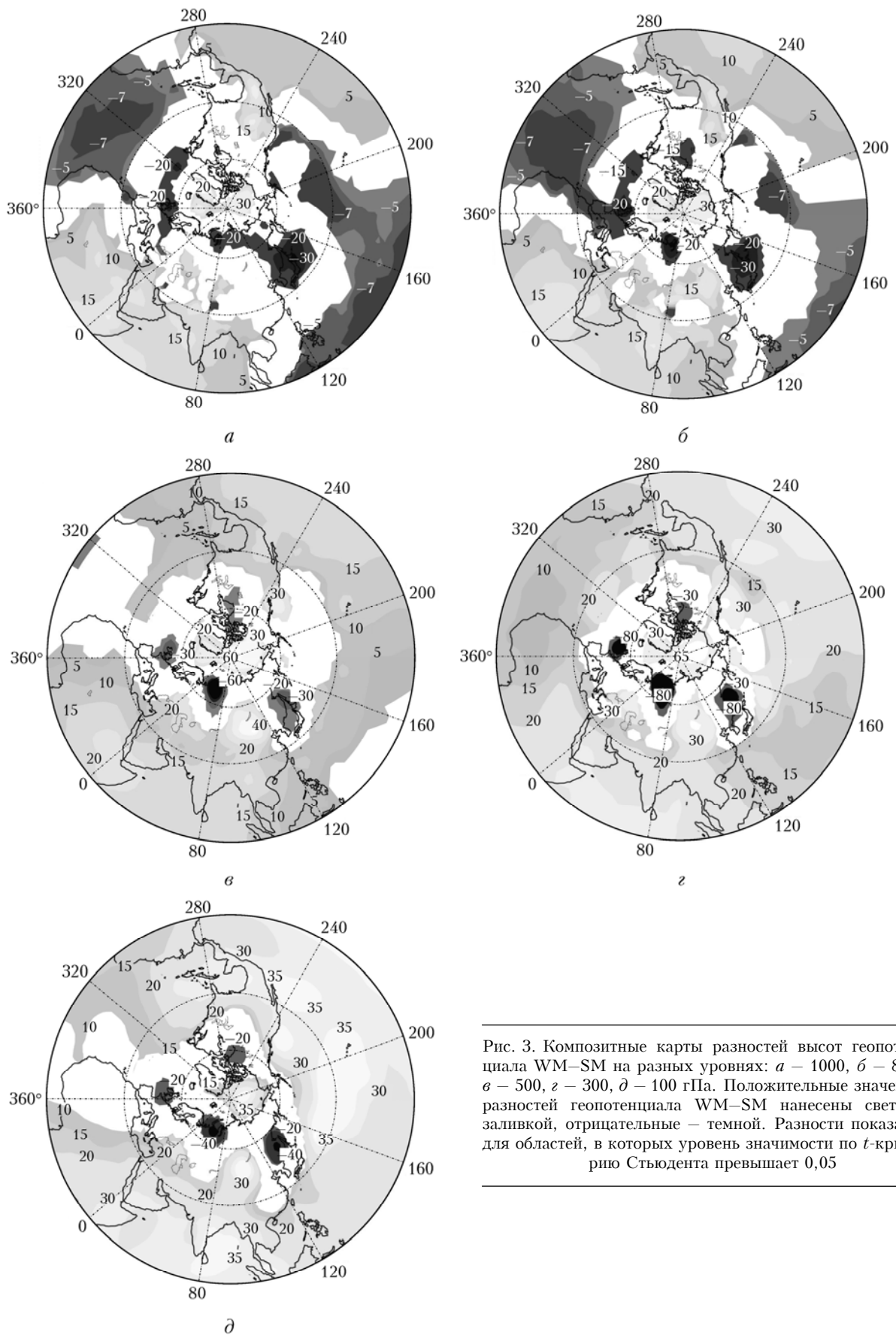


Рис. 3. Композитные карты разностей высот геопотенциала WM–SM на разных уровнях: *a* – 1000, *б* – 850, *в* – 500, *г* – 300, *д* – 100 гПа. Положительные значения разностей геопотенциала WM–SM нанесены светлой заливкой, отрицательные – темной. Разности показаны для областей, в которых уровень значимости по *t*-критерию Стьюдента превышает 0,05

Это вполне согласуется с представлением о «глобальном» муссоне, связывающем циркуляцию в очень удаленных частях земного шара.

На верхних уровнях тропосферы четко прослеживается цепочка знакопеременных аномалий барического поля. Отрицательные значения разностей наблюдаются над Дальним Востоком, Карским морем и Гудзоновым заливом, а также в районе Исландской депрессии. Все перечисленные регионы в летний период являются центрами активного циклогенеза и районами стационарирования высотных тропосферных ложбин [24]. Сравнительно небольшие отрицательные разности наблюдаются также над центральными районами Атлантического и Тихого океанов, но только на нижних уровнях. Положительные разности барических аномалий отмечаются над Гренландией, восточной частью Тихого океана, над югом Восточной Сибири и Монголией, максимальные значения WM–SM сосредоточены над полярной областью. В тропической области на верхних уровнях тропосферы наблюдаются преимущественно положительные разности.

Из анализа рис. 3 следует, что интенсивность МВА является индикатором не только локальных, но и глобальных вариаций циркуляции атмосферы во всей толще тропосферы не только в тропиках, но и во внетропических широтах. При слабом муссоне полярный вихрь менее интенсивен, а ложбины над Дальним Востоком, Карским морем и Гудзоновым заливом отчетливо выражены, над Азией в это время фон атмосферного давления повышен. При сильном муссоне полярный вихрь усилен, а ложбина от него распространяется над Азией глубоко на юг. Годы SM характеризуются сильным межширотным обменом над Азией, активное взаимодействие циркуляции высоких и низких широт наблюдается над районами Монголии и Северного Китая.

2.2. Долговременные изменения поля давления в Северном полушарии

Для выявления долговременных тенденций в поле давления были построены распределения коэффициентов линейного тренда высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа в узлах регулярной сетки с 1970 по 2010 г. – период ослабления МВА. На основании критерия Стьюдента была оценена достоверность полученных коэффициентов. Распределение коэффициентов линейного тренда (при уровне значимости более 0,2) показано на рис. 4.

Видно, что единственной достоверной тенденцией изменения давления в летний период является его увеличение. Значимые изменения над океанами происходили в области Азорского и Тихоокеанского антициклонов. Изменения коснулись не только антициклонических центров действия – рост давления над сушей отмечался в области Азиатской депрессии (Монголия) и в Северной Африке (Судано-Сахельская область). Именно в этих районах наблюдалось наиболее драматическое снижение увлажненности в последние десятилетия [25, 26].

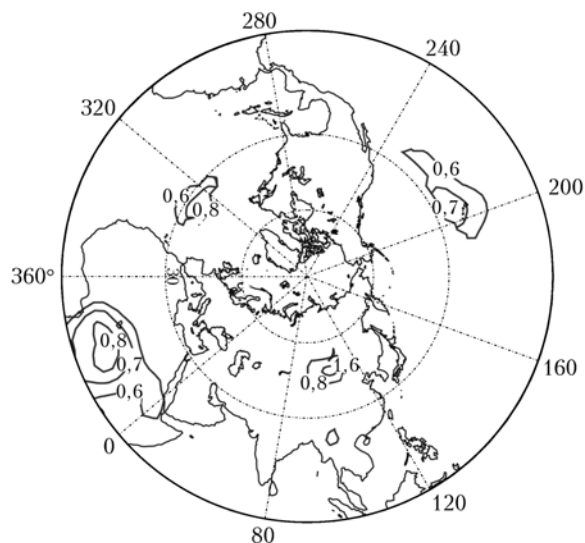


Рис. 4. Распределение коэффициентов линейного тренда высоты изобарической поверхности 500 гПа (м/год) за период 1970–2010 гг. Коэффициенты показаны для областей, в которых уровень значимости по t -критерию Стьюдента превышает 0,2

Климатической особенностью этой зоны над сушей являются пониженное давление и конвергенция встречных потоков на нижних уровнях атмосферы. Повышение давления свидетельствует об ослаблении конвергенции и межширотного обмена над континентами. В области умеренных широт и полярной области изменения слабы, и, вопреки нашим ожиданиям, здесь никак не проявляется выявленная нами «знакопеременность» барических аномалий. Но это вовсе не означает, что изменения в этих областях не происходят. Дело, скорее, в выбранном методе исследований. В умеренных широтах изменчивость на порядки выше, поэтому выявление трендов требует более детальных исследований.

Косвенным указанием на долговременные изменения циркуляции атмосферы в умеренных широтах является изменение количества циклонов и антициклонов [14]. Результаты работы свидетельствуют о наличии трендовых составляющих в характеристиках (частоте и интенсивности) циклонов умеренных широт, это может указывать на усиление или ослабление основных областей циклогенеза, обозначенных на рис. 3. Сложности в выделении изменений циркуляции атмосферы в умеренных широтах и полярной области, возможно, являются одной из главных причин того, что при исследовании динамики МВА изменения в этих районах рассматриваются крайне редко [27], а если и рассматриваются, то при значительных осреднениях [28]. Намного большее внимание исследователи уделяют явлениям, в которых наблюдаются существенные квазидекадные сдвиги в середине 70-х гг. и выделяются значительные трендовые составляющие.

Заключение

Не вызывает сомнения, что усиление засухливости северных районов Восточной Азии во второй

половине XX в. обусловлено ослаблением летнего Восточноазиатского муссона. Однако причины ослабления муссонной циркуляции достоверно не установлены. Множество различных точек зрения являются результатом отсутствия общепризнанных представлений об особенностях циркуляции атмосферы, способствующих распространению влаги Тихого и Индийского океанов далеко в глубь Азиатского континента. Эта неопределенность является следствием сложной, «гибридной» природы Восточноазиатского муссона, обусловленной взаимодействием воздушных масс умеренных широт и тропиков. Основной целью представленной работы было выявление особенностей циркуляции атмосферы умеренных широт и тропиков в годы с сильным и слабым муссонами Восточной Азии.

Анализ композитных карт скорости ветра показал, что в годы с сильным муссоном над средними широтами Восточной Азии усилен меридиональный обмен между тропической и полярной областями. К востоку от оз. Байкал отчетливо выражена конвергенция северных и южных потоков. В годы со слабым муссоном межширотный обмен над Азией ослаблен. В западной части Тихого океана в эти периоды усиливается зональный поток на северной периферии субтропического антициклона.

Анализ композитных карт разностей геопотенциала при сильном и слабом МВА позволил выявить существенные различия и в барическом поле. При WM полярный вихрь менее интенсивен, зато отчетливо выражены ложбины над Дальним Востоком, Карским морем и Гудзоновым заливом, более глубокой является Исландская депрессия. Над Азией в эти периоды фон атмосферного давления повышен. При SM полярный вихрь усилен, а ложбина от него распространяется над Азией далеко на юг. Давление в тропиках в годы WM также повсеместно выше, чем в годы SM.

Анализ долговременных изменений показал, что в последние десятилетия происходило ослабление меридионального обмена воздушных масс, причем наиболее сильные и значимые изменения в поле геопотенциала над океанами имели место в районах Азорского и Тихоокеанского антициклонов. Над сушей столь же интенсивные изменения характерны для областей конвергенции меридиональных потоков в районе Азиатско-Африканского муссона.

Работа выполнена при поддержке гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

1. *Li J., Cook E.R., Chen F., Davi N.* Summer monsoon moisture variability over China and Mongolia during the past four centuries // *Geophys. Res. Lett.* 2009. V. 36, N 22. L22705.
2. *Qian W., Hu Q., Zhu Y., Lee D.-K.* Centennial-scale dry-wet variations in East Asia // *Clim. Dyn.* 2003. V. 21, N 1. P. 77–89.
3. *Shen C., Wang W.-C., Peng Y., Xu Y., Zheng J.* Variability of summer precipitation over Eastern China during the last millennium // *Clim. Past.* 2009. V. 5, N 2. P. 129–141.
4. *Zhu C., Wang B., Qian W., Zhang B.* Recent weakening of northern East Asian summer monsoon: A possi-

ble response to global warming // *Geophys. Res. Lett.* 2012. V. 39, N 9. P. 4.

5. *Wang H.* The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's // *Adv. Atmos. Sci.* 2001. V. 18, N 3. P. 376–386.
6. *Zhou T.-J., Gong D.-Yi., Li J., Li Bo.* Detecting and understanding the multi-decadal variability of the East Asian summer monsoon – recent progress and state of affairs // *Meteorol. Zeitschrift.* 2009. V. 18, N 4. P. 455–467.
7. *Ding Yi.-H., Wang Z., Sun Y.* Inter-decadal variation of the summer precipitation in East China and its association with decreasing Asian summer monsoon. Part I: Observed evidences // *Int. J. Climatol.* 2008. V. 28, N 9. P. 1139–1161.
8. *Бережных Т.В., Марченко О.Ю., Абасов Н.В., Мордвинов В.И.* Изменение циркуляции атмосферы над Восточной Азией и формирование длительных маловодных периодов в бассейне реки Селенги // *Геогр. и природ. ресурсы.* 2012. № 3. С. 61–68.
9. *Li H., Dai A., Zhou T., Lu J.* Responses of East Asian summer monsoon to historical SST and atmospheric forcing during 1950–2000 // *Clim. Dyn.* 2010. V. 34, N 4. P. 501–514.
10. *Zeng G., Sun Zh., Wang W.-Ch., Min J.* Inter-decadal variability of the East Asian summer monsoon and associated atmospheric circulations // *Adv. Atmos. Sci.* 2007. V. 24, N 5. P. 915–926.
11. *Ding Yi.-H., Wang Z., Sun Y.* Inter-decadal variation of the summer precipitation in East China and its association with decreasing Asian summer monsoon. Part II: Possible causes // *Int. J. Climatol.* 2009. V. 29, N 13. P. 1926–1944.
12. *Педелaborд П.* Муссоны. М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1963. 195 с.
13. *Хромов С.П.* Муссоны в системе общей циркуляции атмосферы // А.И. Воейков и современные проблемы климатологии. Л.: Гидрометеонздат, 1956. С. 84–108.
14. *Chen S.-J., Zhang P.-Z.* Climatology of Deep Cyclones over Asia and the Northwest Pacific // *Theor. Appl. Climatol.* 1996. V. 54, N 3–4. P. 139–146.
15. *Wang X., Zhai P., Wang C.* Variations in Extratropical Cyclone Activity in Northern East Asia // *Adv. Atmos. Sci.* 2009. V. 23, N 3. P. 471–479.
16. *Wang B., Wu Z., Li J., Liu J., Chang C.-P., Ding Y., Wu G.-X.* How to measure the strength of the East Asian summer monsoon? // *J. Clim.* 2008. V. 21, N 17. P. 4449–4463.
17. *Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project // *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 1996. V. 77, N 3. P. 437–471.
18. *Gibson J.K., Kalberg P., Uppala S.* The ECMWF reanalysis (ERA) Project // *ECMWF Newsl.* 1996. N 73. P. 7–17.
19. *Inoue T., Matsumoto J.* A Comparison of Summer Sea Level Pressure over East Eurasia between NCEP-NCAR Reanalysis and ERA-40 for the Period 1960–1999 // *J. Meteorol. Soc. Jap.* 2004. V. 82, N 3. P. 951–958.
20. *Han J.-P., Wang H.-J.* Features of interdecadal changes of the East Asian summer monsoon and similarity and discrepancy in ERA-40 and NCEP/NCAR reanalysis data // *Chin. J. Geophys.* 2007. V. 50, N 6. P. 1444–1453.
21. *Sterl A.* On the (in-)homogeneity of reanalysis products // *J. Clim.* 2004. V. 17, N 19. P. 3866–3873.
22. *Dee D.P., Uppala S.M., Simons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayshi S., Andrae U., Balmaseda M.A., Balsamo G., Bauer P., Bechtold P., Beljars A.C.M., Berg L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dragani R., Fuentes M., Geer A.J., Haimberger L., Healy S.B., Hersbach H., Hólm E.V., Isaksen L., Kalberg P., Kohler H., Matricardi M., McNally A.P., Monge-Sanz B.M., Mor-*

- crette J.-J., Park B.-K., Peubey C., Rosnay P., Tarola-
to C., Thépaut N., Vitart F.* The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system // *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 2011. V. 137, N 656. P. 553–597.
23. URL: <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/bkistler/psfc/psfc.html>
24. Дроздов О.А., Васильев В.А., Кобышева Н.В., Раевский А.Н., Смекалова Л.К., Школьный Е.П. *Климатология*. Л.: Гидрометеониздат, 1989. 568 с.
25. Ren B., Lu R., Xiao Z. A possible linkage in the interdecadal variability of rainfall over North China and the Sahel // *Adv. Atmos. Sci.* 2004. V. 21, N 5. P. 699–707.
26. Quan X.W., Diaz H.F., Fu C.B. Interdecadal change in the Asia–Africa summer monsoon and its associated changes in global atmospheric circulation // *Glob. Planet. Change.* 2009. V. 37, N 3. P. 181–188.
27. Huang G., Liu Y., Huang R. The interannual variability of summer rainfall in the arid and semiarid regions of Northern China and its association with the northern hemisphere circumglobal teleconnection // *Adv. Atmos. Sci.* 2011. V. 28, N 2. P. 257–268.
28. Hao L., Min J., Ding Y.-H., Wang J. Relationship between reduction of summer precipitation in North China and atmospheric circulation anomalies // *J. Water Resource and Protection.* 2010. V. 2, N 6. P. 569–576.

O.Yu. Antokhina, P.N. Antokhin, O.S. Kochetkova, V.I. Mordvinov. **Summer atmospheric circulation of the Northern hemisphere in strong and weak East Asian summer monsoon periods.**

The composite analysis of average for July pressure and wind fields in the strong and weak East Asian summer monsoon (EASM) periods was carried out using ECMWF ERA-40 and ERA-Interim data. The study showed that the strong EASM periods are characterized by increased meridional flows over East Asia, especially in the area of the monsoon and mid-latitude circulation interaction, where an increased cyclonicity zone appears. Over large parts of Asia, the atmospheric pressure is higher in the weak EASM periods. In the weak EASM periods, the polar vortex is weak; however, troughs over the Kara Sea, the Sea of Okhotsk, and Hudson Bay are clearly developed. In the Aleutian depression area, the pressure is also reduced. The strongest and most significant long-term changes in the pressure field, indicating weakening of the meridional exchange in recent decades, are characteristic for areas of convergence of the meridional flows of the East Asian and African monsoon.