Известия ТИНРО

2015 **Том 180**

УДК 551.513.2:551.577.3(282.257.5)

Л.И. Мезенцева[1], О.В. Соколов[2], Н.И. Друзь[2]*

[1] Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б;

[2] Дальневосточный научно-исследовательский региональный гидрометеорологический институт, 690091, г. Владивосток, ул. Фонтанная, 24

АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ НАД ДАЛЬНИМ ВОСТОКОМ В 2013 Г. ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНОМ НАВОДНЕНИИ В БАССЕЙНЕ АМУРА

Анализируются условия атмосферной циркуляции над Дальним Востоком в теплый период 2013 г. при катастрофическом наводнении на Амуре. Выявлены особенности в распределении осадков в бассейне Амура и атмосферной циркуляции, сформировавшей избыточное увлажнение бассейна. Сделаны оценки циклонической активности в бассейне Амура и в тропической зоне региона. На основе анализа ряда индексов атмосферной циркуляции сделаны выводы об интенсивности воздушных течений и преобладающих барических системах в некоторых районах, которые, по мнению авторов, являются ответственными за формирование полей осадков в бассейне Амура.

Ключевые слова: атмосферная циркуляция, барические поля, режим осадков, циклоническая активность, бассейн Амура.

Mezentseva L.I., Sokolov O.V., Druz N.I. Atmosphere circulation over the Far East of Russia in 2013, during extreme flood in the Amur basin // Izv. TINRO. — 2015. — Vol. 180. — P. 261–272.

Atmospheric processes over the Far East of Russia and the North-West Pacific are investigated for understanding the reasons of the rainfall over the Amur basin in the summer of 2013, extreme by its duration and intensity, that has caused catastrophic flood in the middle and lower flow of the Amur River. On the base of detailed analysis of the air circulation, the reasons of such rainy weather are analyzed, and recommendations for its prediction are proposed. The circulation is described quantitatively by several parameters, as average atmospheric pressure at the sea level, geopotential height, air temperature, indices of integrated air transfer over certain areas, and indices of cyclonic activity over the Amur basin and tropical zone. Prevailing pressure systems are revealed, which are responsible for formation of precipitation fields over the Amur basin. In particular, the long and intense rains over the Amur basin in May-August of 2013 were caused by cyclones propagating along the stable atmospheric frontal zone located in this area. They were blocked by the baric ridge over the Okhotsk Sea, so the deep and stable atmosphere depression (Far-Eastern Low) was formed over the middle and lower flow of the Amur in July-August of 2013 with the negative pressure anomaly > 1.7σ (standard

* *Мезенцева Людмила Ивановна, кандидат географических наук, доцент, e-mail: LMezenceva@ferhri.ru; Соколов Олег Владимирович, заместитель директора, e-mail: viator.im@gmail.com; Друзь Наталья Ивановна, ведущий инженер, e-mail: natusik_druz@mail.ru.*

Mezentseva Ludmila I., Ph.D., assistant professor, e-mail: LMezenceva@ferhri.ru; Sokolov Oleg V., deputy director, e-mail: viator.im@gmail.com; Druz Natalia I., leading engineer, e-mail: natusik_druz@mail.ru.

deviation), where the cyclones deepened below than usually (on average in 5 hPa below). This depression was maintained by intensive meridional air transfer in the troposphere over East Asia that transported heat and moisture from the tropical zone. This transfer was reasoned by huge reserves of moisture, latent and sensible heat over southeastern Asia that was formed by abnormally strong equatorial trade-winds and unusually frequent tropical cyclones, mostly going by eastern trajectories because of strong western spur of the Hawaiian High that blocked their ways. All these patterns were presumably conditioned by strengthening of the Hawaiian High. As the result of these large-scale circumstances, the air mass with tropical properties was moved to temperate latitudes, and cyclones converted them to heavy rains just following to their usual paths across the Amur basin.

Key words: atmospheric circulation, baric field, precipitation, cyclonic activity, Amur River basin.

Введение

Атмосферные процессы над Дальним Востоком и северо-западной частью Тихого океана исследуются с целью выявления особенностей, которые обусловили экстремальные по продолжительности и интенсивности осадки в бассейне Амура в теплый период 2013 г. что в свою очередь привело к катастрофическому наводнению в среднем и нижнем течении Амура. Детальный анализ элементов циркуляции позволяет понять механизм формирования погодных систем и приблизиться к созданию прогностических рекомендаций для предсказания подобных гидрометеорологических явлений.

Инструментом для количественной оценки состояния атмосферной циркуляции послужили различного рода индексы: усредненные параметры давления, геопотенциальной высоты и температуры воздуха над отдельными районами, индексы интегрального переноса массы воздуха.

Материалы и методы

Осадки в бассейне Амура оценивались на основе наблюдений 19 метеорологических станций, расположенных в бассейне Амура и его притоках (база данных ДВНИГМИ), за 67 лет.

Индексы атмосферной циркуляции рассчитаны на основе данных реанализа NCEP/NCAR (http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep_data/index.html), их характеристики и принципы расчета приведены в табл. 1. Районы, использованные для расчета индексов, показаны на рис. 1.

Таблица 1

Характеристики индексов циркуляции атмосферы

Table 1

Indices of atmosphere circulation

Индекс циркуляции атмосферы	Исходные данные в узлах сетки	Алгоритм расчета	Регион
Стандартизованная аномалия среднего по району значения параметра	Давление на уровне моря; геопотенциальная высота изобарической поверхности 700 гПа	Значение усреднялось за месяц и по району и нормировалось относительно стандартного отклонения; за норму принимался период 1971–2000 гг.	Бассейн Амура — 45–55º с.ш. 115–135º в.д.
Интегральный перенос массы воздуха	Геопотенциальная высота изобарических поверхностей 1000 и 700 гПа	Двойное интегрирование меридионального (Km) и зонального (Kz) барического градиента (идея А.Л. Каца (1954) на изобарической поверхности с заданными границами. Положительное значение индексов соответствует переносу воздуха с запада на восток и с юга на север, соответственно для Kz и Km	1. Тропическая зона II е.с.р. (второй естественно-синоптический район) — 5–25° с.ш. 95° в.д. — 165° з.д. 2. Восточная Азия — 30–40º с.ш. 100–130º в.д.

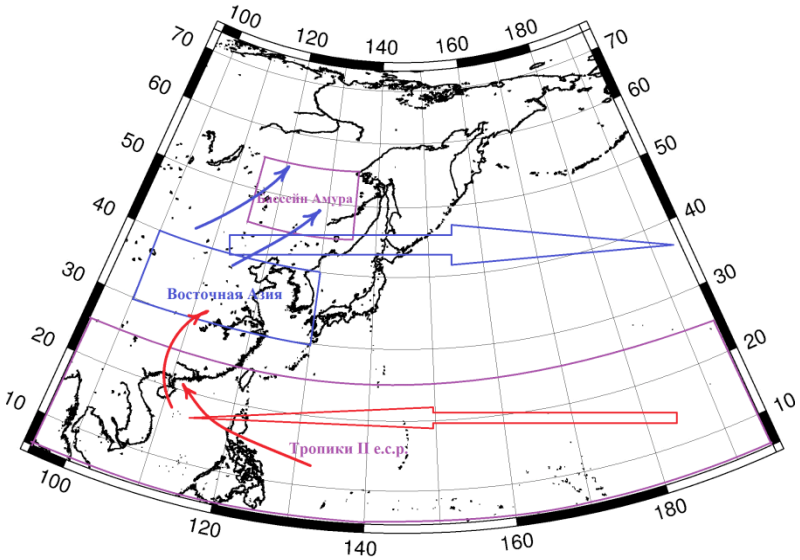


Рис. 1. Районы, по которым рассчитывались индексы атмосферной циркуляции, и схема основных воздушных течений над II е.с.р. в теплый период 2013 г.

Fig. 1. Scheme of principal air transfers in summer 2013 and areas for calculation of atmosphere circulation indices

Характеристики циклонов умеренных широт прослеживались по приземным картам погоды за период 1996–2001 гг. и 2011–2013 гг. (всего 9 лет, карты Гидрометцентра Приморского УГМС).

Анализ траекторий и количества тропических циклонов северо-западной части Тихого океана сделан на основе данных компании UNISYS (www.weather.unisys.com/hurricane/w_pacific.php).

Результаты и их обсуждение

Осадки в бассейне Амура

В период с мая по август 2013 г. на водосборе р. Амур от образующих притоков до нижнего течения ежемесячно наблюдались дожди, превышающие норму в среднем в 1,4 раза. Наиболее значительные осадки (до 2 и более норм) наблюдались в мае на водосборах рек Шилка и Аргунь, в верхнем течении Амура, в бассейне Буреи; в июле и двух первых декадах августа в верхнем течении Амура, особенно в бассейне Зеи и Сунгари, местами Буреи и Уссури (табл. 2). В сентябре в среднем по бассейну осадков было около нормы, что поддерживало экстремально высокий уровень реки.

Таблица 2

Количество осадков по станциям бассейна р. Амур в период май-август 2013 г. (безразмерное, отнесенное к норме)

Table 2

Rainfall at the meteorological stations in the Amur basin in May-August 2013 (normalized)

№ п/п	Название станции	Принадлежность к бассейну	Нормированное количество осадков				
			Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
1	Менза	Шилка	1,8	0,4	0,4	1,5	1,4
2	Чита		0,9	1,2	0,6	0,8	1,0
3	Сретенск		1,2	1,8	0,9	1,3	0,9
4	Борзя		3,8	3,0	1,7	1,0	0,8
5	Могоча		1,5	0,6	1,3	1,1	1,4
В среднем			1,8	1,4	1,0	1,1	1,1
6	Сковородино	Верхнее течение Амура	1,5	0,9	2,1	2,0	1,2
7	Зея	Зея	2,2	0,6	2,4	1,2	1,0
8	Экимчан	Селемджа	2,1	1,4	1,1	0,6	1,5
9	Благовещенск	Верхнее течение Амура	2,7	1,2	1,8	1,6	0,7
В среднем			2,1	1,0	1,9	1,4	1,1

Окончание табл. 2
Table 2 finished

№ п/п	Название станции	Принадлежность к бассейну	Нормированное количество осадков				
			Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
10	Малиновка	Бурея	2,6	1,1	1,6	2,1	1,1
11	Сутур		2,1	1,2	1,2	0,9	1,5
12	Чекунда		1,9	0,7	1,6	1,3	1,1
13	Софийский Прииск		1,7	1,5	0,8	0,8	1,1
В среднем			2,0	1,1	1,3	1,3	1,2
14	Екатерино-Никольское	Среднее течение Амура	1,5	1,0	2,2	1,0	0,4
15	Хабаровск		0,9	0,7	1,0	1,0	0,9
16	Гвасюки	Большая Уссурка	1,0	0,7	0,8	1,1	1,0
17	Дальнереченск		0,9	0,5	2,7	1,1	0,7
18	Комсомольск-на-Амуре	Нижнее течение Амура	2,2	0,6	1,1	1,0	1,0
В среднем			1,3	0,7	1,6	1,0	0,8
19	Николаевск на Амуре	Устье Амура	0,9	0,9	0,7	0,9	0,4

Примечание. Сумма осадков нормирована относительно среднего многолетнего значения 1971–2000 гг.

Следует отметить высокий уровень грунтовых вод в бассейне Амура, сложившийся еще осенью 2012 г. (Гарцман и др., 2014).

В период с мая по август 2013 г. в среднем на каждой станции бассейна Амура выпало 483 мм осадков, что незначительно меньше абсолютного максимума 1981 г. — 495 мм. О суммарном количестве осадков в течение сезона дождей можно судить по графику многолетнего хода усредненной суммы осадков по бассейну Амура (рис. 2). Средняя сумма осадков получена за период май-август при усреднении сумм осадков по 18 станциям бассейна (за исключением станции Николаевск на Амуре, расположенной в самом устье реки).

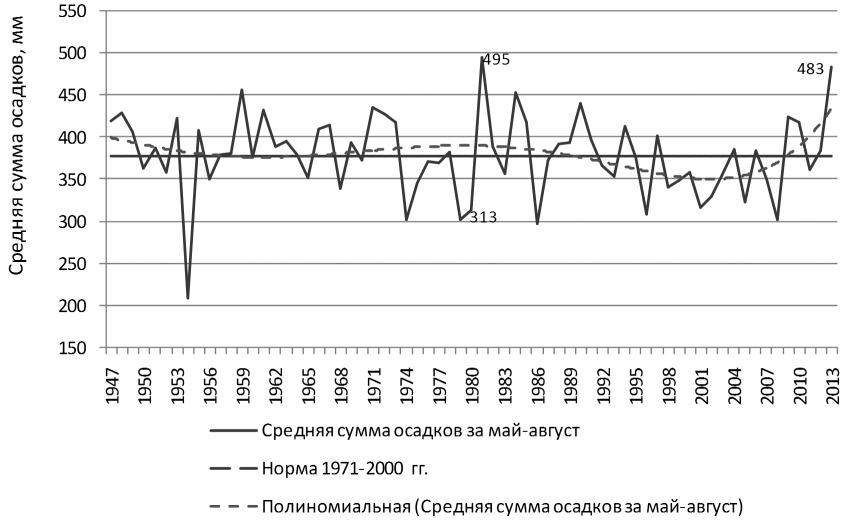


Рис. 2. Средняя сумма осадков в бассейне Амура (от Шилки до нижнего течения) за период май-август 2013 г.; ряд данных сглажен пятилетним скользящим усреднением (прерывистая кривая)

Fig. 2. Mean summary precipitation in the Amur basin (from the Shilka River to the lower flow) in May-August 2013; dashed line — 5-year moving average smoothing

Значительное количество осадков, отмечавшееся в теплый период 1981 г., не привело к значительному повышению уровня Амура вследствие по крайней мере двух важных обстоятельств. Во-первых, предшествующий период был очень сухим — осенью 1980 г. осадков выпало значительно меньше нормы, поэтому гидрологический сезон закончился с низким уровнем Амура (Мещенина и др., 2007), в отличие от ситуации,

сложившейся осенью 2012 г. (Гарцман и др., 2014). Во-вторых, зима 1980/81 гг. была малоснежной — осадков с января по май 1981 г. выпало 0,6 нормы (относительно средней многолетней суммы по выбранным станциям).

Термобарические характеристики атмосферы

Барические особенности атмосферы анализировались с помощью средних месячных карт атмосферного давления у земной поверхности и на стандартном изобарическом уровне 700 гПа над территорией II е.с.р. за май-август 2013 г. Они представлены на рис. 3–6. В виде изополос на картах нанесены аномалии барического поля относительно нормы 1971–2000 гг.

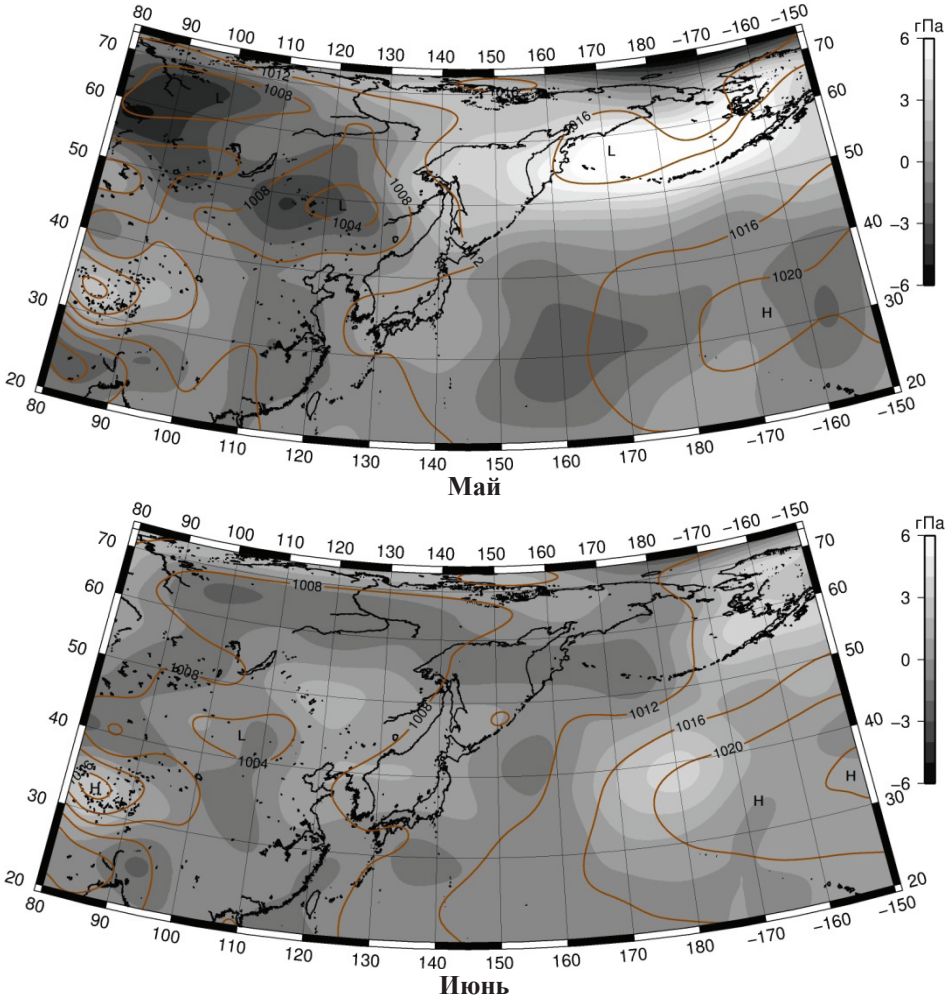


Рис. 3. Барическое поле (изобары, гПа) у земной поверхности в мае и июне 2013 г. с аномалией атмосферного давления (изополосы, гПа)

Fig. 3. Atmospheric pressure at the sea surface and its anomalies in May and June of 2013, hPa

Атмосферное давление у земной поверхности над бассейном Амура в мае, июле и августе 2013 г. в среднем за месяц было ниже нормы примерно на 3–4 гПа (рис. 3, 4). В июне над Амуром отмечались слабые положительные аномалии давления. Такое распределение давления свидетельствует о том, что в течение большей части теплого периода 2013 г. депрессия над бассейном Амура была необычайно глубокой.

Ниже нормы атмосферное давление было и над юго-восточными районами Азии во все рассматриваемые месяцы без исключения, следовательно, над этими районами имела место циклоническая деятельность. Выше обычного давление у земли было над Охотским морем в июле и в особенной мере в мае — здесь господствовали антициклоны.

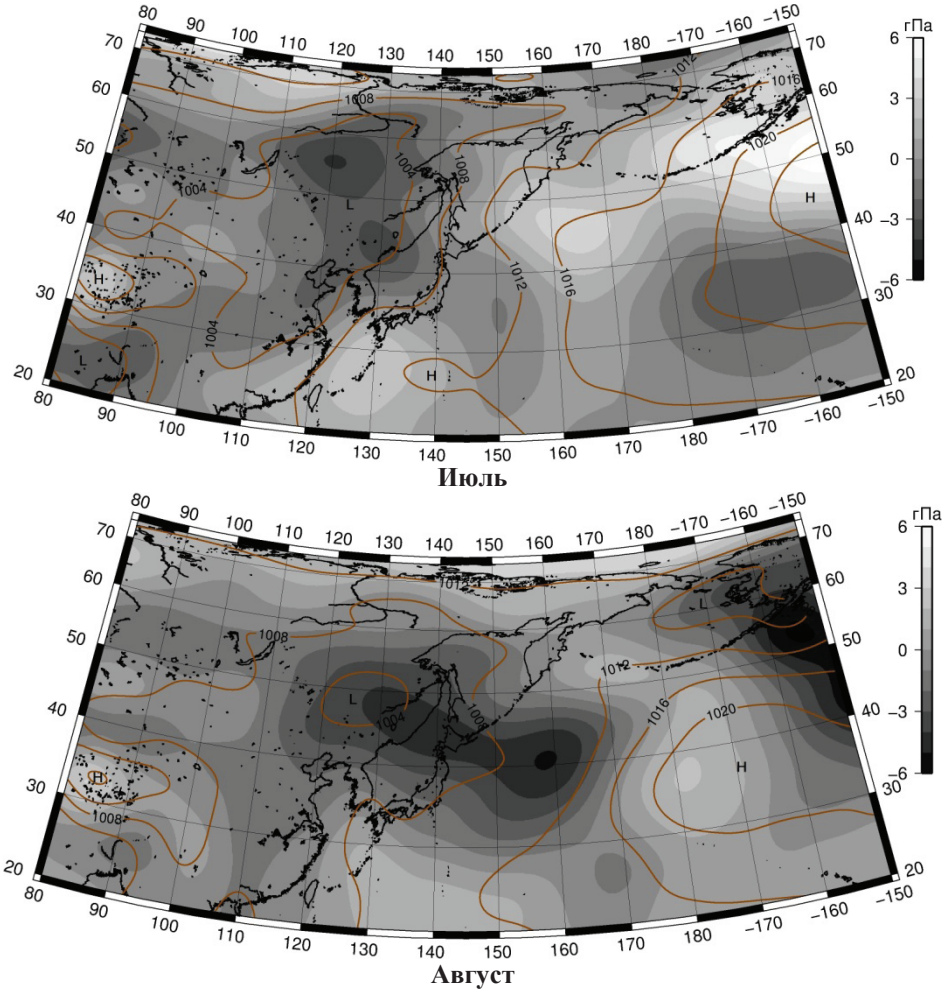


Рис. 4. Барическое поле (изобары, гПа) у земной поверхности в июле и августе 2013 г. с аномалией атмосферного давления (изополосы, гПа)

Fig. 4. Atmospheric pressure at the sea surface and its anomalies in July and August of 2013, hPa

В средней тропосфере барические поля (рис. 5, 6) во все рассматриваемые месяцы характеризуются наличием ложбины над бассейном Амура и гребня над западным побережьем (в мае и июне) либо центральной частью (в июле и августе) Охотского моря. В июле и августе в области барических ложбин отмечались значимые (2–3 дам) отрицательные аномалии геопотенциала. Барические гребни были также аномально развиты, чему соответствуют положительные аномалии геопотенциальных высот с различной локализацией.

Для субтропического тихоокеанского (гавайского) антициклона можно выделить следующие особенности. В июне и августе отмечалось аномальное развитие основного центра субтропического максимума (положительные аномалии 1–2 дам). В июле и августе получил значительное развитие западный отрог гавайского антициклона с осью южнее Японских островов, он распространился до Азии (аномалии в его области также 1–2 дам). Наличие таким образом ориентированного гребня блокировало выход тропических циклонов северо-западной части Тихого океана по параболическим траекториям, определяя их выход на материк по восточным траекториям.

Анализ усредненных за месяц полей температуры воздуха и полей относительной топографии (карты в статье не приводятся) позволяет выявить, что характерной особенностью теплого периода 2013 г. было наличие обширного термического гребня

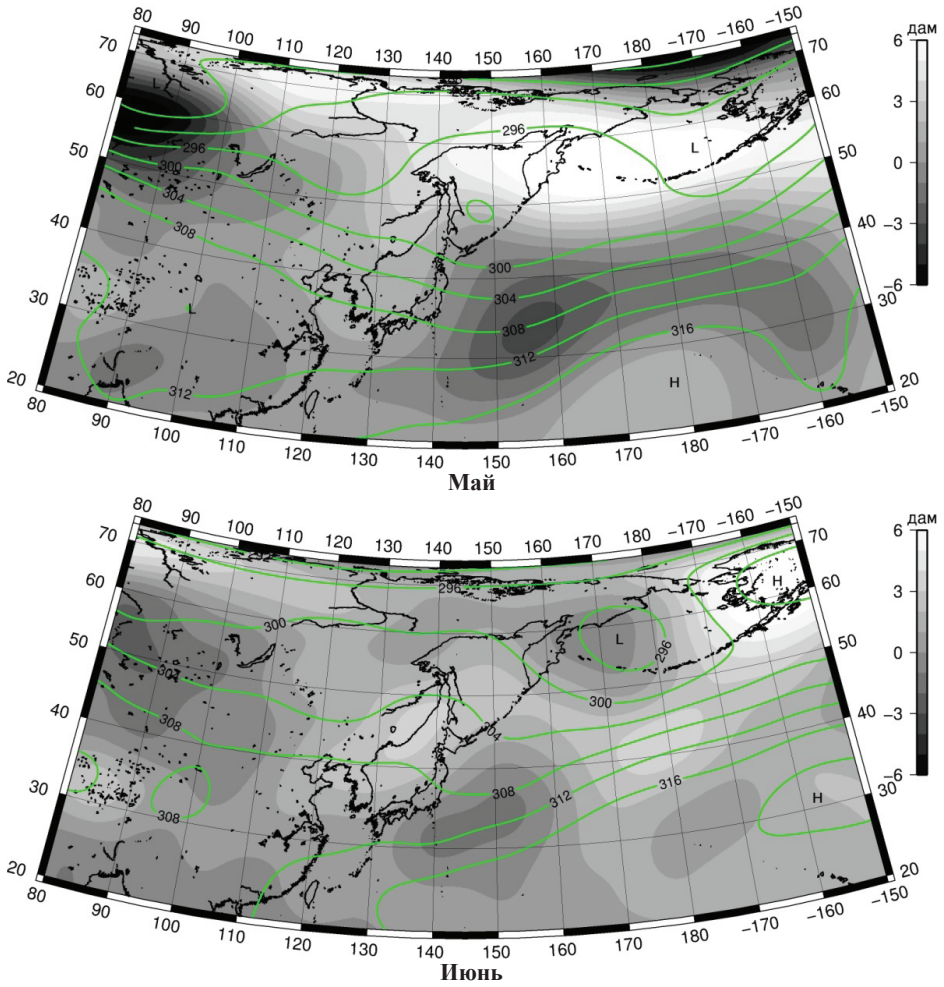


Рис. 5. Барическое поле (изогипсы, дам) на уровне 700 гПа в мае и июне 2013 г. с аномалией геопотенциала (изополосы, дам)

Fig. 5. Geopotential height of the level 700 hPa and its anomalies in May and June of 2013, decametre

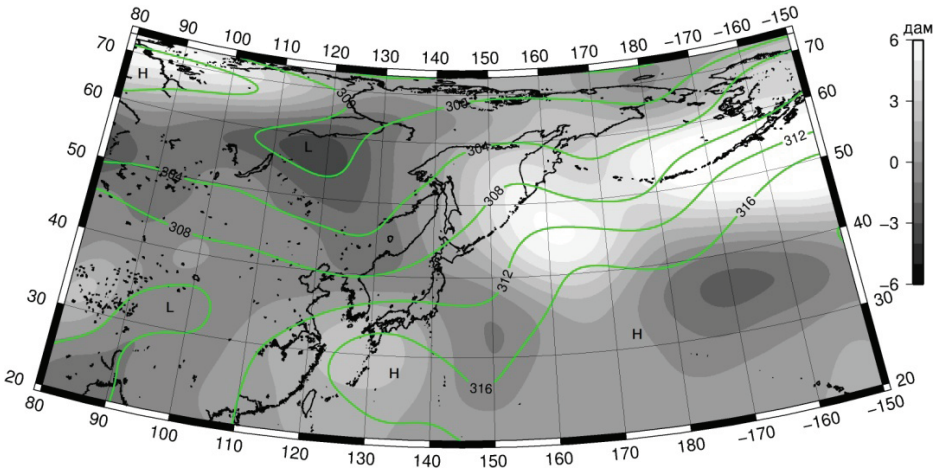
в тропосфере над Восточной Азией, аномалии температуры воздуха в области которого достигали 2–3 ºС. Зона положительных аномалий, начиная с июня, распространялась в том числе на Охотское море, способствуя формированию над побережьем барического гребня. Термическая ложбина над Енисеем в своей вершине (примерно верховье Енисея) также хорошо развита с отрицательной аномалией 1–2 ºС.

Следует отметить превышение нормы температуры воздуха на 2–3 ºС над тропической частью Восточной Азии, что можно интерпретировать как большее, чем обычно, количество тепла, передаваемое из тропиков в умеренные широты, в зону полярного фронта.

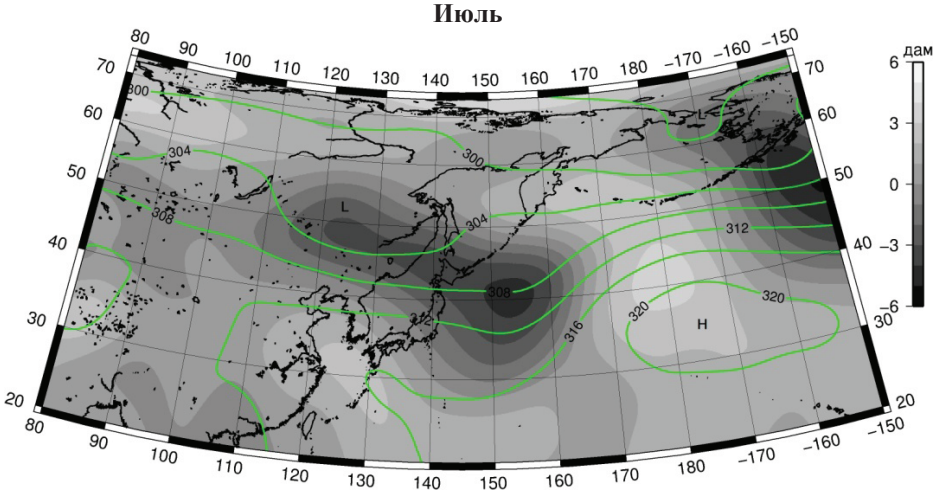
Сформировавшееся барическое поле: тропосферная устойчивая ложбина над Забайкальем, гребень вблизи береговой черты Азии — определяло наличие активной фронтальной зоны над бассейном Амура. Температурные контрасты между воздушными массами в области фронтальной зоны составляли 10–14 ºС/1000 км.

Циклоническая деятельность

При анализе циклонической деятельности в бассейне Амура (табл. 1) принималось во внимание давление в центрах циклонов (табл. 3) и их траектории в теплый период года, в период с мая по сентябрь.



Июль



Август

Рис. 6. Барическое поле (изогипсы, дам) на уровне 700 гПа в июле и августе 2013 г. с аномалией геопотенциала (изополосы, дам)

Fig. 6. Geopotential height of the surface 700 hPa and its anomalies in June and August of 2013, decametre

Таблица 3

Усредненное давление в центрах циклонов, находящихся в бассейне Амура, гПа

Table 3

Mean pressure at the centers of cyclones located over the Amur basin, hPa

Год	Месяц												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Среднее
1996						999	999	1003	1007	1005	1013	1014	1000
1997	1012	1011	1009	1002	1001	999	999	1000	1009	1006	1013	1016	1000
1998	1027	1010	1007	1000	997	999	998	1005	1002	1010	1006	1018	1000
1999	1004	1014	1010	1005	1004	1001	1000	1002	1002	1007	1009	1015	1002
2000	1019	1017	1006	999	1002	1002	998	1001	1008	1010	1011	1015	1001
2001	1016	1011	1002	1000	999	999	999	1003	1004	1011	1011	1017	1000
2002	1013	1007	1006										
2011						999	999	1000	1002	1008	1016	1020	999
2012		1016	1007	997	1002	1001	996	999	1007	1007	1012	1016	999
2013	1018	1008	1003	998	***995***	***1002***	***994***	***996***	***1000***	1010	1009	1011	997
Среднее	1015	1012	1006	1000	1000	1000	998	1001	1004	1008	1011	1016	1000

Примечание. Статистические характеристики циклонов получены по рядам данных примерно за 9 лет с перерывом (из базы данных ДВНИГМИ), поэтому имеют недостаточную надежность. Выделено среднее давление в центрах циклонов в период наводнения в бассейне Амура в 2013 г.

По числу выходящих в бассейн Амура циклонов сезон 2013 г. был заурядным — ни в один месяц число циклонов не было наибольшим за период исследования. Число циклонов составляло 10, 6, 7, 5 и 4 соответственно в мае, июне, июле, августе и сентябре. Это справедливо и для числа циклонов с учетом продолжительности их существования как замкнутой области низкого давления на карте погоды. Однако среднее давление в центрах циклонов над бассейном Амура в 2013 г. было примерно на 5 гПа ниже, чем в остальные годы, за исключением июня. Среднее давление в центрах циклонов составляло 995, 1002, 994, 996 и 1000 гПа соответственно в мае, июне, июле, августе и сентябре.

Циклоны следовали по западным траекториям в мае, преимущественно южным в июне и июле и юго-западным в августе и сентябре. В бассейн Амура из субтропических широт в их системе осуществлялся перенос (захват) тепла и влаги.

В статье Е.К. Семенова с соавторами (2014) решались задачи, аналогичные поставленным и авторами данной статьи. В частности, ими рассматривались синоптические аспекты формирования катастрофического наводнения на Амуре, приведены типовые синоптические ситуации в июле и августе, при которых формировались интенсивные продолжительные осадки над бассейном Амура, исследованы траектории циклонов и особенности высотного барического поля. Эти два независимые исследования согласуются в части траекторий циклонов, в том числе тропических, и оценок влияния масс воздуха, поступающих в зону атмосферных фронтов над бассейном Амура. Кроме того, в настоящей статье представлены данные о глубине влияющих циклонов и причины их значительной активности.

Тропические циклоны (ТЦ, тайфуны) северо-западной части Тихого океана, зарождаясь в тропической зоне, следуют на запад, северо-запад и выходят на побережье Юго-Восточной Азии либо перемещаются по параболическим траекториям с поворотом вблизи 30º с.ш. на северо-восток, выходят в умеренные широты. Во втором случае ТЦ могут оказывать влияние на погодные условия прибрежных и островных районов Дальнего Востока и зачастую трансформируются во внетропические циклоны.

В среднем за сезон зарождается 29 тропических циклонов, их количество изменяется в пределах от 15 до 45 по статистике 1945–2013 гг. В 2013 г. ТЦ было 34, в том числе 4 достигли V стадии развития по шкале Saffir-Simpson (норма — 2,5, weather.unisys.com/hurricane/w_pacific/2013/index.php). Траектории ТЦ в 2013 г. представлены на рис. 7.

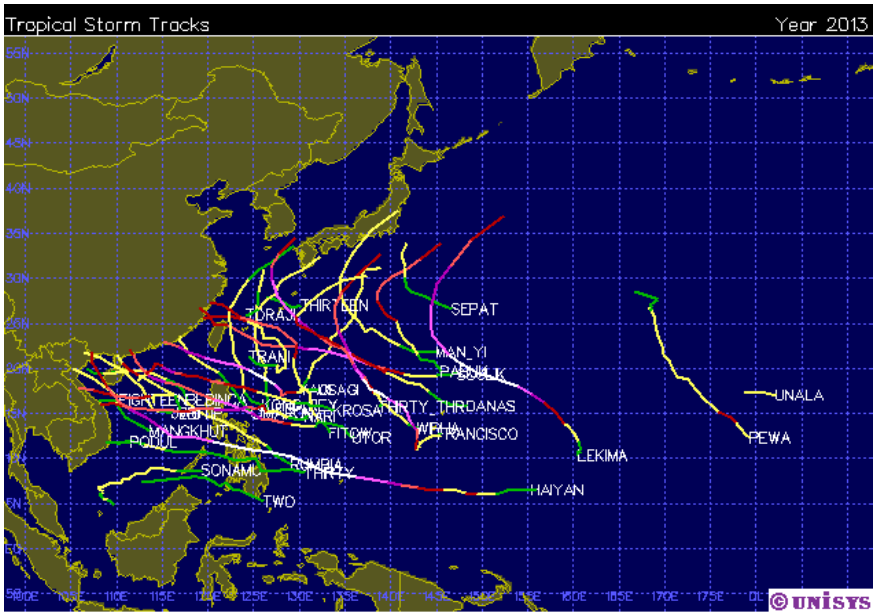


Рис. 7. Траектории тропических циклонов северо-западного сектора Тихого океана в 2013 г. (weather.unisys.com/hurricane/w_pacific/2013/index.php)

Fig. 7. Tracks of tropical cyclones in the North-West Pacific in 2013 (from: weather.unisys.com/hurricane/w_pacific/2013/index.php)

За период с мая по сентябрь 2013 г. зарегистрировано 17 тропических циклонов. Одиннадцать из них перемещались по восточным траекториям, выходили на побережье Юго-Восточной Азии, большинство в июле и августе (3 и 4 ТЦ соответственно в июле и августе). Шесть тропических циклонов следовали по параболическим траекториям: 2 в июне, 1 в августе и 3 в сентябре. При этом не учитывались тропические циклоны над центральной частью океана. Таким образом, в период наиболее сильных дождей над бассейном Амура в июле и августе 2013 г. на побережье Юго-Восточной Азии вышло 7 ТЦ, и только один из них проследовал на север, северо-запад, минуя побережье Азии.

Проверка отдельных случаев показала, что в годы с малым количеством осадков в бассейне Амура преобладают параболические траектории — тайфуны реже выходят на побережье Азии. Например, в 2008 г., когда усредненное количество осадков в бассейне Амура составляло 301 мм (против 483 мм в 2013 г.), за период с мая по сентябрь 10 тайфунов выходили по траекториям, близким к параболическим (против 6 в 2013 г.), и 8 ТЦ, перемещаясь по восточным траекториям, выходили на континент (против 11 в 2013 г.). Интенсивность ТЦ в рамках данной работы не рассматривалась.

Индексы циркуляции

По району наиболее частого многолетнего повторения положения депрессии над бассейном Амура в теплое полугодие — амурской депрессии — было рассчитано среднее давление. Многолетний ход стандартизированного усредненного атмосферного давления за июль-август в области амурской депрессии представлен на рис. 8.

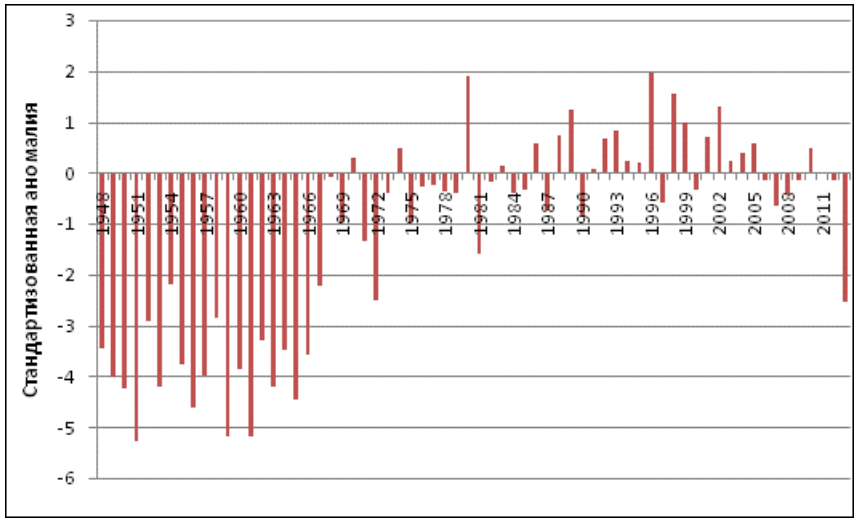


Рис. 8. Многолетний ход стандартизированных значений усредненного давления в июле-августе в области амурской депрессии (45–55º с.ш. 115–135º в.д.)

Fig. 8. Year-to-year changes of normalized mean pressure in the Far-Eastern Low area (45–55º N 115–135º E) in July-August

На рис. 8 видно, что начиная с 1948 г. в развитии амурской депрессии можно выделить два продолжительных периода: с высокой активностью депрессии с начала периода исследования до конца 1960-х гг. и ее слабого развития с начала 1970-х гг. до 2012 г. Вероятно, 2013 г. стал началом нового периода активного состояния депрессии либо сбоем предыдущего слабого ее развития. Первое предположение более вероятно, поскольку период деградации депрессии продолжался около 40 лет, что почти «предельный возраст» для климатической эпохи (Таубер, 1962; Mitchell, 1963; Будыко, 1967; Будыко, Винников, 1973).

Район Восточная Азия выбран как «транзитный» район, через который в теплый период года осуществляется вынос тропического воздуха в бассейн Амура. Характеристики воздушных течений в этом районе могут служить индикатором передачи тепла и влаги в район исследования из тропической зоны.

Индексы интегрального переноса массы воздуха, рассчитанные по району Восточная Азия (табл. 4), указывают, что в течение теплого периода 2013 г. над выделенным районом в средней тропосфере преобладали воздушные течения с юга, причем они превышали норму в течение всего периода. Наибольшее отклонение от нормы отмечалось в июне и июле — соответственно на 1,3σ и 1,1σ (σ — среднее квадратическое отклонение). Кроме этого, в мае отмечалось ослабление западно-восточного переноса в этом районе.

Таблица 4

Значения индексов интегрального переноса массы воздуха на уровне 700 гПа в некоторых районах II е.с.р. в мае-сентябре 2013 г.

Table 4

Values of the integral air transfer index for 700 hPa level in certain areas in May-September 2013

Индекс циркуляции	Месяц				
	V	VI	VII	VIII	IX
Восточная Азия					
Km	0,7	1,3	1,1	0,9	1,0
Kz	–1,1	0,0	0,7	0,7	–0,4
Тропическая часть II е.с.р.					
Km	1,2	2,1	1,7	1,8	1,6
Kz	0,7	–0,8	–1,1	–1,0	0,2

Воздушные течения с юга в теплый период года над районом Восточная Азия — обычное явление. Однако превышение нормы, которое сложилось в 2013 г., не рядовое событие (рис. 9), по крайней мере в последние 30 лет. Следует отметить, что высоких значений меридиональная южная компонента над этим районом достигала в период 1950–1975 гг., что соответствует периоду обострения амурской депрессии.

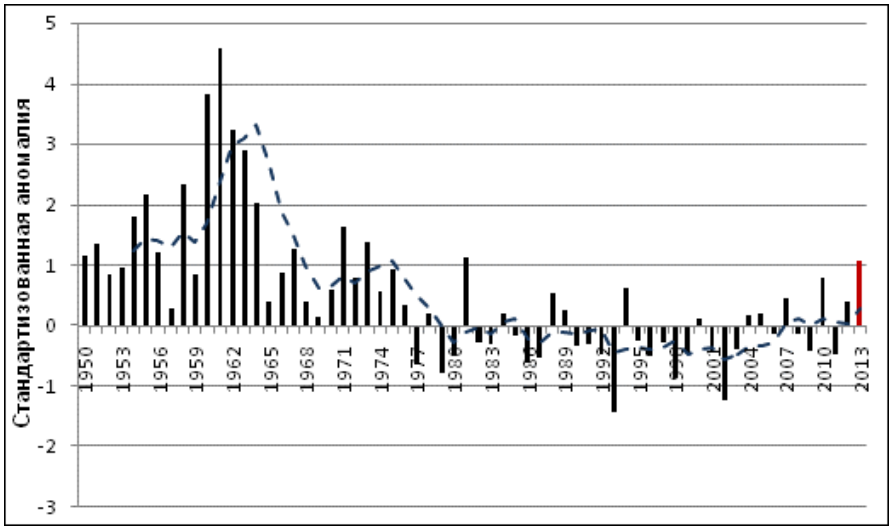


Рис. 9. Многолетний ход индексов интегрального меридионального переноса массы воздуха на уровне 700 гПа в июне-августе по району Восточная Азия; последний элемент диаграммы соответствует 2013 г., *пунктирная кривая* — пятилетнее скользящее усреднение

Fig. 9. Year-to-year changes (until 2013) of the index of integral meridional air transfer at 700 hPa level for East Asia in June-August; *dashed line* — 5-year moving average smoothing

Индексы интегрального переноса массы воздуха были рассчитаны и для тропической зоны II е.с.р. (табл. 4). Они показали, что воздушные течения в тропиках в секторе II е.с.р. характеризуются усилением восточного переноса воздуха (Kz для уровня 700 гПа в июне-августе в пределах –0,8...–1,1σ) и значительной южной составляющей (Km во все месяцы больше нормы на 1,2–2,1σ). Основной вклад в формирование южной составляющей воздушных течений обеспечен переносом в зоне 95–130° в.д., что следует из анализа барических полей (см. рис. 5, 6).

Выводы

Продолжительные интенсивные осадки в бассейне Амура в мае-августе 2013 г. определялись формированием активной фронтальной зоны над бассейном Амура и ее стационарным состоянием в течение всего сезона. Циклоны, выходящие в бассейн Амура, были глубже обычного (давление в циклонах было ниже обычного примерно на 5 гПа). Высокая повторяемость барических гребней над Охотским морем способствовала блокированию континентальных циклонов над средним и нижним течением Амура, определяя активное состояние амурской депрессии. Давление в области амурской депрессии в течение июля-августа 2013 г. было ниже нормы на 1,7σ.

Одним из факторов, обусловивших обострение фронтальной зоны и значительную глубину циклонов умеренных широт, явилось усиление меридиональных воздушных течений в средней тропосфере над Восточной Азией, которые обеспечивали перенос тепла и воды из тропической зоны в умеренные широты Дальнего Востока. Огромные запасы воды, скрытого и явного тепла на юго-восток Азии были, в свою очередь, доставлены бóльшим, чем обычно, числом тропических циклонов, часто следующих по восточным траекториям, и обострённым пассатным течением над тропической частью Тихого океана. Высокая повторяемость восточных траекторий тайфунов в период дождей обеспечивалась аномальным развитием западного отрога тихоокеанского субтропического максимума, который блокировал перемещение тайфунов по параболическим траекториям.

Аномальное развитие восточного переноса (пассатных течений) в тропиках над II е.с.р., вероятно, также объясняется активностью субтропического антициклона (однако трудно выделить, что является причиной, а что следствием: пассатные течения или субтропический максимум — безусловно, это категории взаимозависимые). В сочетании с высокой меридиональной южной компонентой ветра это, видимо, стало ключевым звеном в формировании воздушной массы с тропическими свойствами, поступающей в умеренные широты Дальнего Востока. Циклоны, следуя обычными траекториями, лишь осуществили межширотный обмен и стали видимой причиной катастрофических дождей и наводнений на Амуре (см. рис. 1).

Список литературы

Будыко М.И. Изменения климата // Метеорол. и гидрол. — 1967. — № 11. — С. 18–27.

Будыко М.И., Винников К.Я. Современные изменения климата // Метеорол. и гидрол. — 1973. — № 9. — С. 3–13.

Гарцман Б.И., Мезенцева Л.И., Меновщикова Т.С. и др. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 года // Метеорол. и гидрол. — 2014. — № 4. — С. 77–92.

Кац А.Л. Об изучении и оценке общей циркуляции атмосферы // Метеорол. и гидрол. — 1954. — № 6. — С. 13–18.

Мещенина Л.А., Новороцкий П.В., Пономарев В.И. Климатические изменения и колебания стока Амура // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 4. — С. 44–54.

Семенов Е.К., Соколихина Н.Н., Татаринович Е.В., Тудрий К.О. Синоптические условия формирования катастрофического наводнения на Амуре в 2013 г. // Метеорол. и гидрол. — 2014. — № 8. — С. 25–34.

Таубер Г.М. Некоторые черты атмосферной циркуляции южного и северного полушарий // Тр. ГОИН. — 1962. — Вып. 67. — С. 33–59.

Mitchell J.M. On the world — wide pattern of secular temperature changes // UNESCO, Arid Zone Research, 20. — P., 1963. — P. 161–180.

Поступила в редакцию 24.10.14 г.