

*О. С. Крышнякова, В. Н. Малинин*

## К ОЦЕНКЕ ТРЕНДОВ В КОЛЕБАНИЯХ ОСАДКОВ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

*Рассматриваются изменения осадков на европейской территории России за период инструментальных наблюдений (1901 – 2005 гг.), дается их сравнение в сопоставлении с их изменениями в пределах полушария и земного шара. Показано, что за указанный период отмечается положительный тренд в осадках. Особенно значительное повышение количества осадков на ЕТР отмечалось во второй половине XX столетия и составляло 20,6 мм/10 лет.*

*The rainfall variations on the European part of Russia over the period of instrumental observations (1901-2005) are considered in comparison to the hemisphere and global rainfall variations. A positive rainfall trend is indicated over the observation period. The most significant increase in precipitation over the European part of Russia was recorded in the second half of the 20th century and amounted to 20.6 mm/10 years.*

**Ключевые слова:** атмосферные осадки, температура воздуха, положительный тренд.

**Keywords:** rainfall, air temperature, positive trend.

В настоящее время проблема изменений климата стала предметом пристального внимания не только климатологов, но и ряда других специалистов. Обеспокоенность человечества ощутимыми климатическими изменениями последнего столетия лишь обострила необходимость изучения этой проблемы как в глобальном, так и в региональном масштабе. С этой целью в 1988 г. была учреждена Межправительственная группа экспертов по изменениям климата (МГЭИК), в задачи которой входит всесторонняя оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климата и изучение вызывающих их физических процессов. На сегодняшний день МГЭИК подготовлены четыре научных отчета об изменении климата: IPCC-1990, IPCC-1995, IPCC-2001, IPCC-2007. В этих отчетах приводятся основные данные о наблюдаемом климате и его вариациях, моделях климата и степени соответствия результатов моделирования данным наблюдений [3].

Наиболее важными и часто используемыми климатическими показателями служат температура воздуха у поверхности земли и атмосферные осадки. Для оценки пространственно-временных изменений климата особое значение приобретает анализ длительных наблюдений указанных параметров. Однако относительно достоверные оценки изменений климата могут быть получены по результатам инструментальных наблюдений сетевых гидрометеорологических станций, которые ведутся лишь с середины XIX в.

В отличие от температуры межгодовая изменчивость количества осадков за период инструментальных наблюдений исследована значительно менее подробно. Особенно это касается Мирового океана, определение осадков для которого весьма затруднено и осуществляется со значительными погрешностями [5]. Очевидно, только в работе [6] на основе данных глобального архива CDAS (Climate Data Assimilation System) [10] рассчитаны линейные тренды для отдельных океанов и Мирового океана за период 1980–2005 гг., когда стали доступны спутниковые измерения. Самый высокий тренд в осадках отмечается над Индийским океаном ( $Tr=5,3$  мм/год), самый низкий – над Тихим ( $Tr=3,7$  мм/год). Что касается Мирового океана в целом, то тренд в количестве выпавших осадков составляет  $Tr=4,2$  мм/год.

Естественно, для суши измерение количества выпавших осадков уже не представляет принципиальных затруднений. Основная трудность их обработки состоит в приведении к однородному виду вследствие того, что в разных странах приняты различные системы поправок. На рисунке 1 приводится межгодовой ход аномалий глобального количества осадков, выпавших над континентами за 1901 – 2005 гг., по данным разных авторов [8; 9; 11; 13 – 15].

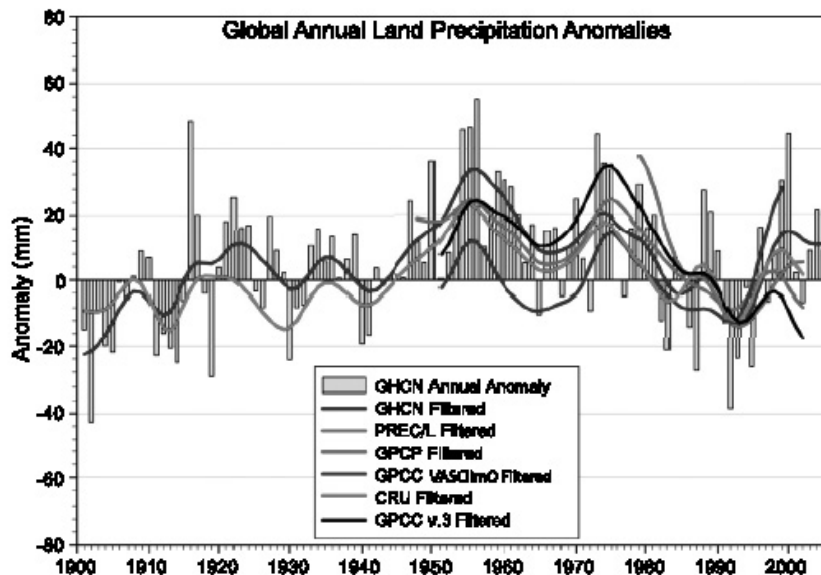


Рис. 1. Межгодовой ход аномалий глобального количества осадков, выпавших над континентами за период наблюдений [12], по данным разных авторов [8; 9; 11; 13 – 15]

Как видно из рисунка 1, распределение осадков носит сложный и более случайный характер по сравнению с температурой [12]. Тем не менее прослеживается тенденция к увеличению осадков в первой половине XX столетия, последующее уменьшение до конца 1980-х гг. и резкий рост в конце столетия. Это полностью не совпадает с характером трендов в глобальной температуре воздуха, для которой свойственно потепление в 1880–1940 гг., слабое похолодание в 1941–1975 гг. и быстрый рост с 1976 г. по настоящее время.

Оценки линейных трендов для осадков над континентами, полученные разными авторами, приведены в таблице 1. Его числовыми характеристиками являются коэффициент детерминации ( $R^2$ ), выражающий вклад тренда в дисперсию исходного процесса, и величина тренда ( $T_r$  в мм/10 лет). Все результаты, за исключением [8], основаны на анализе данных стационарной сети осадкомерных станций. Значения трендов в работе [8] определены по данным спутникового зондирования атмосферы.

Таблица 1

Оценки линейных трендов осадков за различные периоды времени (мм/10 лет)

Авторы	1901–2005	1951–2005	1979–2005
Chen et al. [11]	–	$-5,10 \pm 3,25$	$-6,38 \pm 8,78$
Mitchell, Jones [13]	$1,10 \pm 1,5$	$-3,87 \pm 3,89$	$-0,90 \pm 16,24$
Vose et al. [15]	$1,08 \pm 1,87$	$-4,56 \pm 4,34$	$4,16 \pm 12,44$
Beck et al. [9]	–	$1,82 \pm 5,32$	$12,82 \pm 21,45$
Rudolf et al. [14]	–	$-6,63 \pm 5,18$	$-14,64 \pm 11,67$
Adler et al. [8]	–	–	$-15,60 \pm 19,84$

Как видно из таблицы 1, наиболее полно изучены изменения осадков лишь за вторую половину XX столетия, в том числе и за период интенсивного потепления. В то же время следует отметить, что оценки трендов разных авторов весьма сильно различаются между собой. Так, за 1979–2005 гг. они меняются от  $-15,6$  до  $12,8$  мм/год. Однако поскольку ошибки трендов превышают их величину, то вряд ли их можно считать значимыми. Фактически это означает, что до настоящего времени у нас отсутствуют адекватные представления об основных тенденциях глобальных изменений осадков даже за последние десятилетия.

Принято считать, что потепление климата сопровождается повышением количества осадков. Так, в работах [2; 7] отмечается увеличение количества атмосферных осадков в XX в. в большинстве районов высоких и средних широт Северного полушария – на  $0,5–1\%$  за десятилетие. Над Мировым океаном тренд в осадках, как уже отмечалось выше, также является положительным, причем между межгодовыми колебаниями осадков и температуры воздуха наблюдается высокая корреляция [6]. Согласно [4], характер флуктуаций осадков в России сходен с характером изменений глобальных осадков. В целом для России в изменениях годовых сумм осадков отмечается тенденция к их увеличению в период

интенсивного потепления (1976–2007 гг.) со скоростью 9,6 мм/10 лет, а для европейской территории России (ЕТР) – 8 мм/10 лет.

Рассмотрим теперь более подробно особенности колебаний осадков на ЕТР. С этой целью были использованы взятые из архива ВНИИГМИ-МЦД [1] данные по 16 наиболее длиннорядным метеорологическим станциям, расположенным относительно равномерно на ЕТР. Для этих станций были рассчитаны оценки трендов за те же периоды, что и в таблице 1, а полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Оценки линейных трендов осадков на европейской территории России за различные периоды времени**

Период	Средний по 16 станциям		Максимальный		Минимальный	
	R <sup>2</sup>	мм/10 лет	R <sup>2</sup>	мм/10 лет	R <sup>2</sup>	мм/10 лет
1901–2005	0,13	11,19 ± 10,17	0,15	35,29	0,13	-11,14
1951–2005	0,12	20,64 ± 11,89	0,28	36,53	0,0001	0,39
1979–2005	0,03	10,84 ± 19,26	0,15	51,87	0,01	-26,53

Как видно из таблицы 2, для европейской части России характерен рост годового количества осадков, который за 1901–2005 гг. составил 11 мм/10 лет, что на порядок превышает величину глобального тренда. При этом максимальный рост суммы осадков отмечен в Ростове-на-Дону (25 мм/10 лет) и в Сочи (35 мм/10 лет), а минимальный – в Перми (5 мм/10 лет). И только в Махачкале имеет место уменьшение осадков (-11 мм/10 лет). Во второй половине XX столетия повышение количества осадков на ЕТР было наибольшим и составляло в среднем 20,6 мм/10 лет. Однако в период интенсивного потепления (1979–2005 гг.) рост осадков снизился практически в 2 раза. Отметим, что полученная нами величина тренда очень хорошо согласуется с официальной ее оценкой в докладе Росгидромета (8,04 мм/10 лет) [4].

Тенденции изменения количества осадков на европейской территории России в период интенсивного потепления (1979–2005 гг.) на основе данных 38 станций представлены на рисунке 2. Нетрудно видеть, что для ЕТР, в отличие от температуры, характер изменения годового количества осадков весьма неоднороден и носит очаговый характер. В среднем течении Печоры, а также в верховье Волги и бассейне Оки можно отметить уменьшение количества осадков, а на юге ЕТР – их рост. Однако значимые величины тренда годовых осадков выявлены в Усть-Цильме (-26,5 мм/10 лет) и Костроме (-47,6 мм/10 лет), что позволяет говорить о локальном уменьшении осадков, в то время как в Элисте (37,5 мм/10 лет) и Ростове-на-Дону (52 мм/10 лет) имеет место обратная тенденция. В целом же скорость роста осадков на ЕТР за этот период составила 10,2 мм/10 лет.

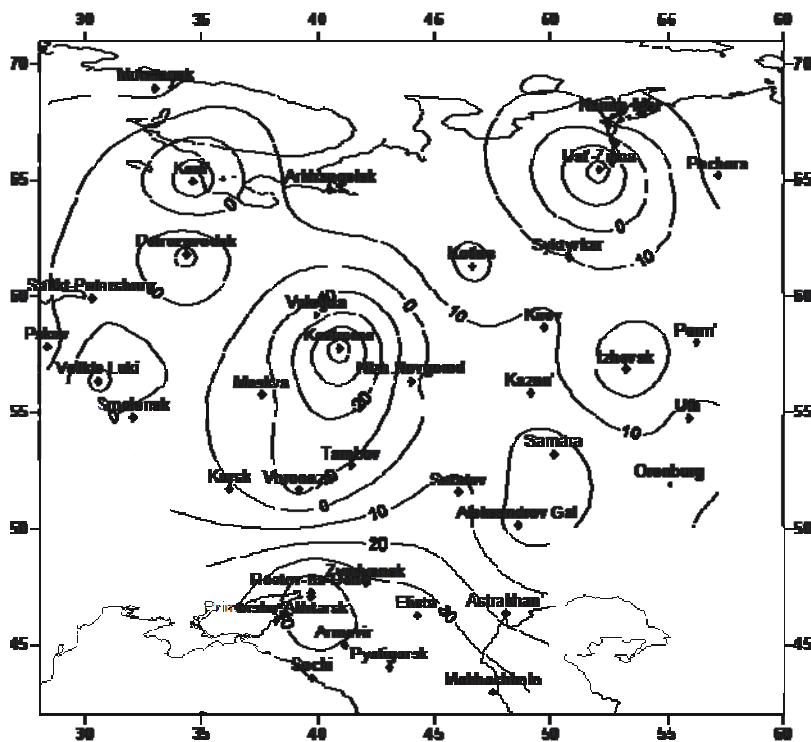


Рис. 2. Пространственное распределение значений линейного тренда среднегодового количества осадков на Европейской территории России за 1979–2005 гг.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы. За прошлое столетие на европейской территории России рост температуры воздуха составил почти  $0,07^{\circ}\text{C}/10$  лет. Особенно стремительно потепление проявилось в последней четверти XX в., когда скорость потепления на ЕТР за последние 30 лет почти достигла величины роста глобальной температуры воздуха за столетие. В годовом количестве осадков также присутствует тенденция к увеличению, но пока не столь значительная, как в температуре воздуха. Следует отметить, что в период интенсивного потепления темп увеличения годовых осадков почти такой же, как за столетие в целом, и составляет около  $11$  мм/10 лет. Кроме того, наличие положительного значения тренда в годовых осадках хотя и подтверждает их положительную связь с температурой, однако значимая корреляция между ними отсутствует.

#### Список литературы

1. Данные суточного разрешения по температуре воздуха и количеству осадков / ВНИИГМИ-МЦД. [Электронный ресурс]. URL: [http://meteo.ru/data\\_temperat\\_precipitation/](http://meteo.ru/data_temperat_precipitation/)
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Потепление неотвратимо? // Земля и Вселенная. 2003. № 3. С. 21–30.
3. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39, № 2. С. 166–185.
4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2007 год Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. М., 2008. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.meteorf.ru>
5. Малинин В.Н. Влагообмен в системе океан-атмосфера. СПб., 1994.
6. Малинин В.Н., Шевчук О.И. Эвстатические колебания уровня Мирового океана в современных климатических условиях // Изв. РГО. 2008. Т. 140, вып. 4. С. 20–30.
7. Переведенцев Ю. П., Гоголь В. Ф., Наумов Э. П., Шанталинский К. М. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. 2007. № 2. С. 5–12.
8. Adler R.F. The version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present) // J. Hydrometeorol. 2003. № 4. P. 1147–1167.
9. Beck S., J. Grieser B. R. A new monthly precipitation climatology for the global land areas for the period 1951 to 2000 // Climate Status Report 2004. German Meteorological Service, 2005. P. 181–190.
10. CDAS (Climate Data Assimilation System). [Электронный ресурс]. URL: <http://sgi62.wwb.noaa.gov:8080>.
11. Chen M., Xie P., Janowiak J.E. Global land precipitation: a 50-yr monthly analysis based on gauge observations // J. Hydrometeorol. 2002. № 3. P. 249–266.
12. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007/ Bernstein L. [et al.] (eds.). Cambridge, 2007.
13. Mitchell T.D., Jones P.D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated highresolution grids // Int. J. Climatol. 2005. № 25. P. 693–712.

14. *Rudolf B.* [et al.]. Terrestrial precipitation analysis: Operational method and required density of point measurements // Global Precipitations and Climate Change / M. Buboiss, F. Désalmand (eds.). NATO ASI Series I. №26. Berlin, 1994. P. 173–186.

15. *Vose R.S.* [et al.]. The Global Historical Climatology Network: Long-Term Monthly Temperature, Precipitation, Sea Level Pressure, and Station Pressure Data // ORNL/CDIAC-53, NDP-041. Oak Ridge, 1992.

#### **Об авторах**

В. Н. Малинин — д-р геогр. наук, проф., Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), malinin@rshu.ru

О.С. Крышнякова — асп., Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена (РГПУ им. А. И. Герцена), olgasergeevnk@yandex.ru

#### **Authors**

Prof. V. Malinin, Russian State Hydrometeorological University, malinin@rshu.ru

O. Kryshnyakova, PhD Student, Department of Physical Geography and Environmental Management, State Russian Herzen Pedagogical University, olgasergeevnk@yandex.ru