

УДК 551.583.1

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В.С. Селютин

Аннотация

В работе выполнен анализ тенденций изменений количества осадков на территории Брянской области во второй половине XX – начале XXI в. Показано, что в разных частях региона линейные тренды годовых сумм осадков различаются как по абсолютной величине, так и по знаку. Тем не менее в пределах области отчетливо выделяются два района с противоположными изменениями исследуемого параметра: западный и восточный. В западном районе обнаруживается рост количества осадков, а в восточном – их снижение. Исследована сезонная структура изменений осадков. Установлено, что положительные тенденции в одном районе и отрицательные тенденции в другом районе складываются в разные сезоны года. С помощью карты наглядно показано пространственное распределение трендов годовых и сезонных сумм осадков.

Ключевые слова: Брянская область, западный и восточный районы, атмосферные осадки, линейный тренд, значимость тренда.

Введение

Атмосферные осадки являются одной из важнейших характеристик регионального климата. Однако их изменения изучены хуже, чем изменения температуры, что объясняется [1] прежде всего большей изменчивостью и существенно меньшей связностью их пространственно-временного распределения в сравнении с температурой воздуха. С другой стороны, достаточно остро стоит проблема однородности многолетних данных о количестве осадков, поскольку методика наблюдений и измерений осадков многократно менялась. В рамках настоящей статьи предпринята попытка проанализировать динамику осадков на территории Брянской области за многолетний период.

Исходные данные и методы анализа

Для выявления динамики количества осадков на территории Брянской области использовались данные месячного разрешения по 8 станциям (ст.) и 8 постам (п.) с 1951 по 2010 г., выбранные из Курского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных, а также непосредственно из архива метеостанции Брянское опытное лесничество (Брянск, оп. лес.) и сельскохозяйственной

опытной станции Новозыбков. Ряды проверялись на однородность [2]. В настоящей работе использованы только однородные данные по осадкам.

В качестве меры интенсивности происходящих изменений использовался линейный тренд за периоды 1951–2010 гг. и 1976–2010 гг., а также дополнительно за промежуток времени с максимальной скоростью роста температуры воздуха в регионе (1976–2002 гг.) и за 1909–2010 гг. только для ст. Брянск, оп. лес. Уравнения трендов были построены по методу наименьших квадратов [3, 4]. Для оценки достоверности линейной функции применялся коэффициент детерминации R^2 , который показывает, какая доля вариации исследуемого параметра объяснена трендом (то есть он дает оценку вклада тренда в изменение значений временного ряда). С помощью критерия Фишера [3, 4] были определены минимальные значения R^2 , при которых тренд считался значимым на 95%-ном уровне (то есть с долей вероятности 95% полученные результаты можно считать достоверными, возможность ошибки не превышает 5%) при соответствующем числе степеней свободы. Для ряда данных с 1909 по 2010 г. (102 года) доверительной границей являлся $R^2 = 0.038$ (3.8%), с 1951 по 2010 г. (60 лет) – 0.065, с 1976 по 2010 г. (35 лет) – 0.112, с 1976 по 2002 г. (27 лет) – 0.145.

Для оценки региональных особенностей изменений климата в пределах Брянской области рассчитывались осредненные по отдельным районам значения сумм осадков. За каждый год трендового периода (с 1951 по 2010 г.) вычислялось отношение значений элемента между двумя районами. В итоге получался ряд отношений атмосферных осадков. По этим значениям строилось уравнение линейного тренда. Статистически значимый тренд в значениях отношений указывал на существующие различия в изменениях данной климатической характеристики в исследуемом регионе.

Результаты

По данным [1, 5, 6], во второй половине XX – начале XXI в. в большинстве районов высоких и средних широт Северного полушария и в целом на европейской части России отмечается некоторое увеличение количества атмосферных осадков. Анализ многолетних рядов осадков на территории Брянской области не позволяет сделать однозначный вывод о направленности их изменений. В разных частях исследуемого региона тренды годовых сумм в указанный период имеют свои особенности, отличаясь как по абсолютной величине, так и по знаку. Учитывая пространственные различия по знаку трендов, Брянская область разделена на два района: западный (положительные тренды) и восточный (отрицательные тренды). В первый вошли метеостанции Красная Гора, Унеча, Новозыбков и посты Лопатни и Погар, а во второй – станции Карачев, Навля, Трубчевск и метеопосты Псурь, Глазово, Новоямское. Многолетние изменения осадков на западе-северо-западе (п. Крутояр), западе-юго-западе (п. Ущерпье), севере (ст. Жуковка), востоке-северо-востоке (ст. Брянск, оп. лес.) и на территории, прилегающей к юго-западу Орловской области (п. Радогощь), отличаются от тенденций, характерных для запада и востока области, что не позволило включить их в прилегающие районы. Возможно, указанные выше участки относятся к зонам однотипных колебаний количества выпадающей из атмосферы влаги, расположенным за границами рассматриваемого региона. Так, на станциях Спас-Деменск

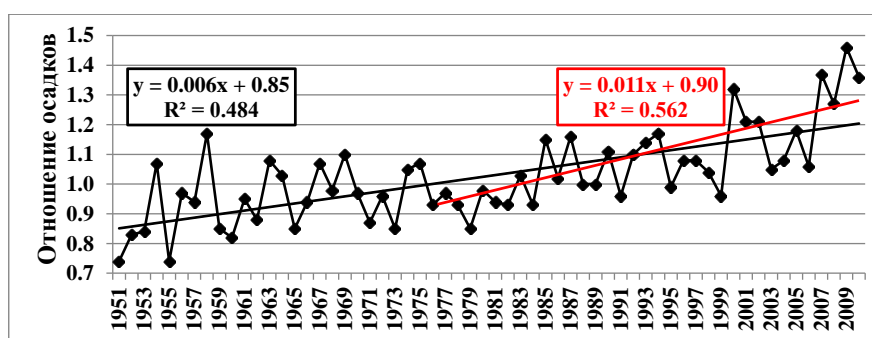


Рис. 1. Отношение годовой суммы осадков между западным и восточным районами Брянской области с 1951 по 2010 г. (межгодовые изменения и линейный тренд за 1951–2010 гг. и за 1976–2010 гг.)

(Калужская обл.) и Рославль (Смоленская обл.), расположенных к северу от ст. Жуковка, и метеостанции Рыльск (Курская обл.), находящейся к югу от п. Радогощь, также наблюдается увеличение годовой суммы осадков. Однако, возможно, некоторая пятнистость в изменениях осадков является следствием значительной их изменчивости.

Тренды годовых сумм осадков в двух выделенных районах области как за период с 1951 по 2010 г., так и за временной интервал с 1976 по 2010 г. характеризуются разнонаправленными тенденциями. В западном районе обнаруживается рост количества осадков, а в восточном – их снижение (различия в изменении осадков между районами достоверны на 95%-ном уровне, рис. 1). При этом за 1951–2010 гг. максимальное увеличение осадков зафиксировано на крайнем западе (рис. 2), а за 1976–2010 гг. – на юге Брянской области (рис. 3). Наибольшее их уменьшение за первый временной отрезок (1951–2010 гг.) выявлено на северо-востоке и востоке-юго-востоке рассматриваемой территории, за второй (1976–2010 гг.) – в центре и на крайнем востоке региона.

Линейный тренд осредненных по западному району годовых сумм осадков с 1951 по 2010 г. составляет 21 мм/10 лет, или 125 мм/60 лет (рис. 4), с 1976 по 2010 г. – 33 мм/10 лет, или 115 мм/35 лет (рис. 5). В восточном районе за 60 лет осадки уменьшились на 85 мм (тренд составляет –14 мм/10 лет, рис. 6), а за последние 35 лет – на 95 мм (тренд составляет –27 мм/10 лет, рис. 7). Из приведенных значений следует, что в период интенсивного глобального потепления наблюдается усиление пространственных различий в изменении увлажненности в регионе вследствие роста по сравнению с интервалом 1951–2010 гг. противоположных по знаку трендов в разных частях исследуемой территории. Возможно, это связано с тем, что в последние десятилетия траектории движения циклонов в Атлантико-Европейском секторе сместились к северу относительно их прежнего положения, на что указывается в работах [7, 8].

Анализ сезонных особенностей изменений количества осадков выявил, что увеличение их годовой суммы в западном районе как за период 1951–2010 гг., так и за отрезок времени с 1976 по 2010 г. произошло за счет возрастания осадков осенью, в холодный сезон (октябрь – апрель) и феврале (рис. 4, 5). Кроме того, за интервал 1976–2010 гг. статистически значимый положительный тренд на западе области обнаружен зимой и в мае (рис. 5). В восточном районе уменьшение

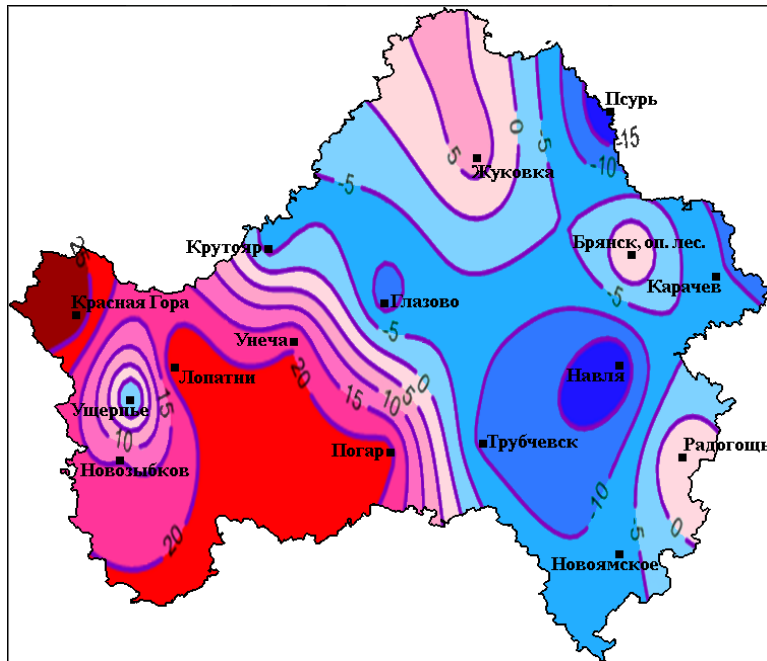


Рис. 2. Тренды годовых сумм атмосферных осадков на территории Брянской области за период с 1951 по 2010 г., мм/10 лет

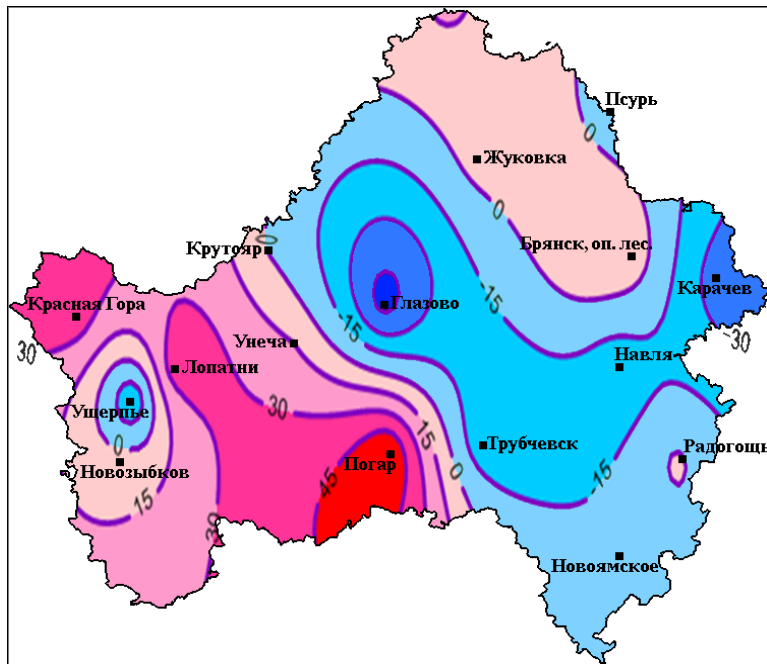


Рис. 3. Тренды годовых сумм атмосферных осадков на территории Брянской области за 1976–2010 г., мм/10 лет

количества осадков за 1951–2010 гг. отмечено за счет их сокращения весной и в августе (рис. 6), а за промежуток времени с 1976 по 2010 г. – за счет их убывания в теплый период (май – сентябрь) и летом (рис. 7).

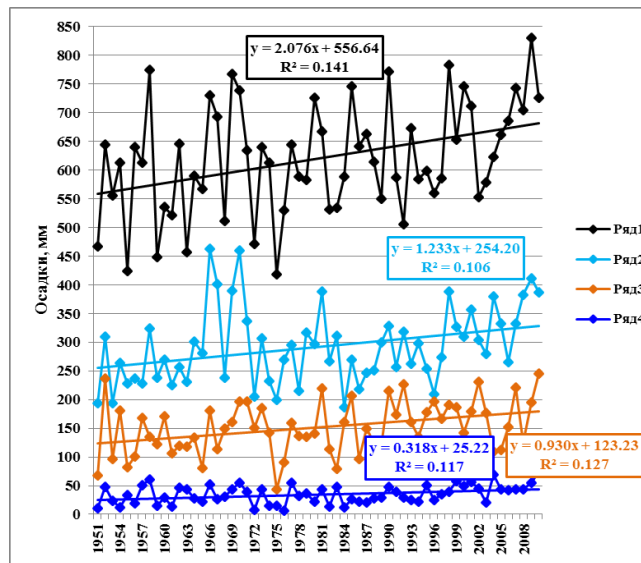


Рис. 4. Осредненные по западному району суммы осадков за год (ряд 1), за холодный период (ряд 2), за осень (ряд 3) и за февраль (ряд 4) с 1951 по 2010 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

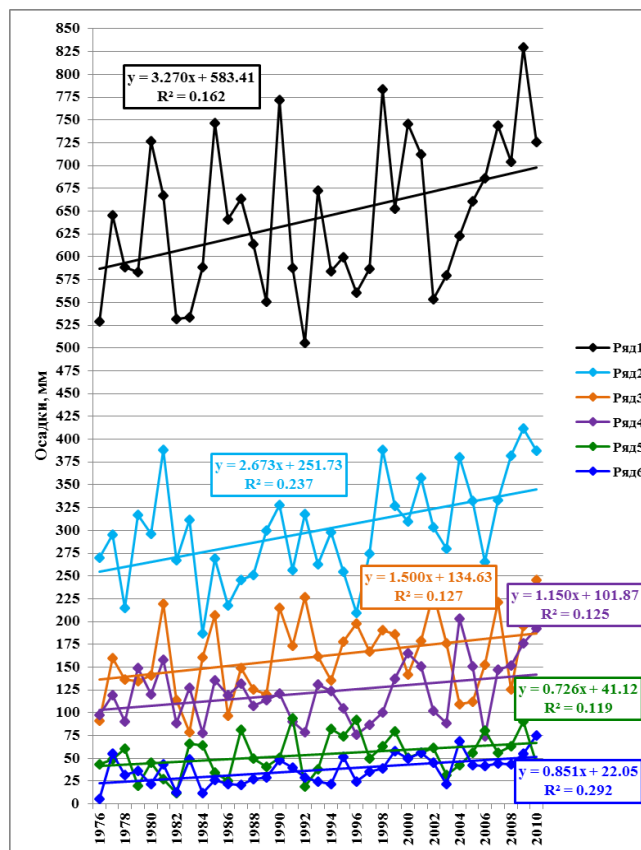


Рис. 5. Осредненные по западному району суммы осадков за год (ряд 1), за холодный период (ряд 2), за осень (ряд 3), зиму (ряд 4), за май (ряд 5) и за февраль (ряд 6) с 1976 по 2010 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

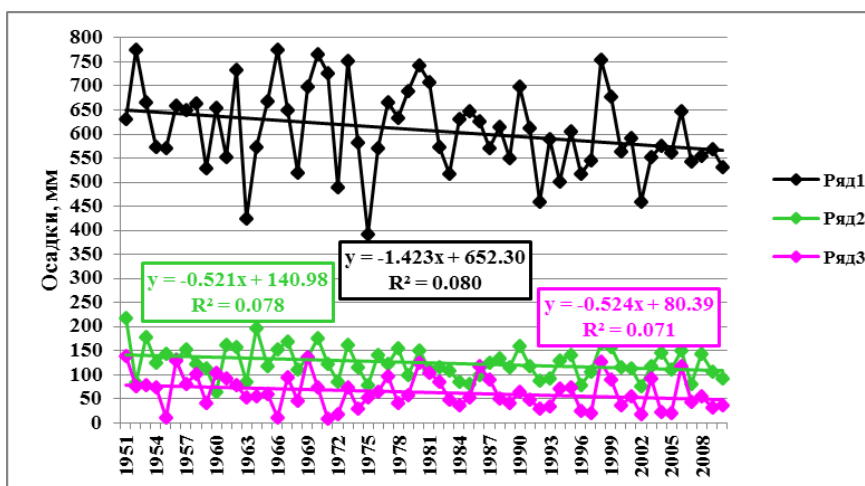


Рис. 6. Осредненные по восточному району суммы осадков за год (ряд 1), за весну (ряд 2) и за август (ряд 3) с 1951 по 2010 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

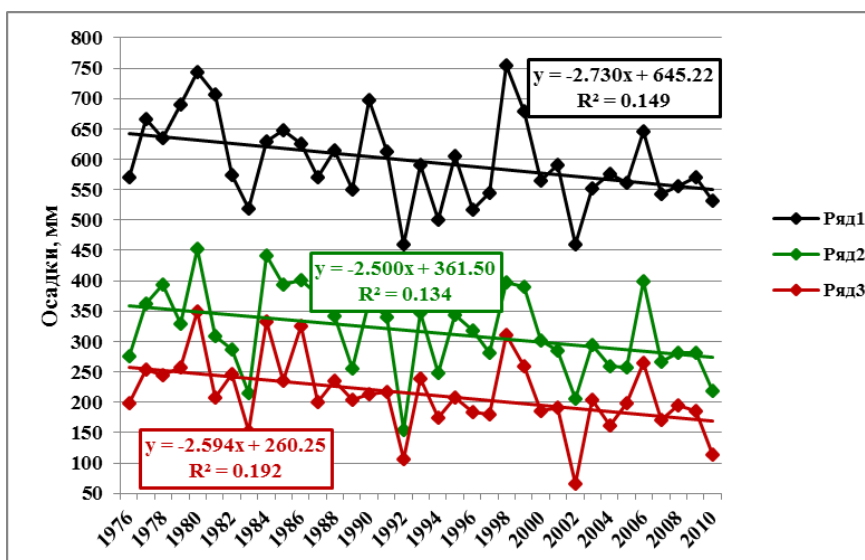


Рис. 7. Осредненные по восточному району суммы осадков за год (ряд 1), за теплый период (ряд 2) и за лето (ряд 3) с 1976 по 2010 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

Таким образом, как с 1951 по 2010 г., так и за 1976–2010 г. в западном районе прослеживается рост осадков в холодный период, а в восточном – их снижение в теплый сезон. При этом за октябрь – апрель максимальные положительные тренды за временной отрезок 1951–2010 гг. наблюдаются на крайнем западе, а с 1976 по 2010 г. – в полосе Лопатни – Погар, за май – сентябрь – на юго-западе и юге соответственно. Наибольшие отрицательные тренды в холодный период как за 1951–2010 гг., так и за 1976–2010 гг. локализуются в центре Брянской области, а в теплый – на крайнем востоке (рис. 8, 9).

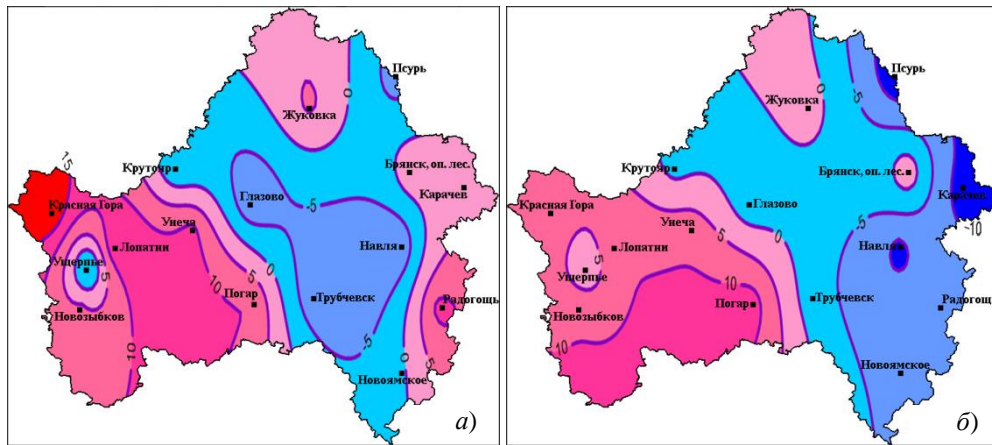


Рис. 8. Тренды сумм осадков за холодный (а) и теплый периоды (б) на территории Брянской области за 1951–2010 гг., мм/10 лет

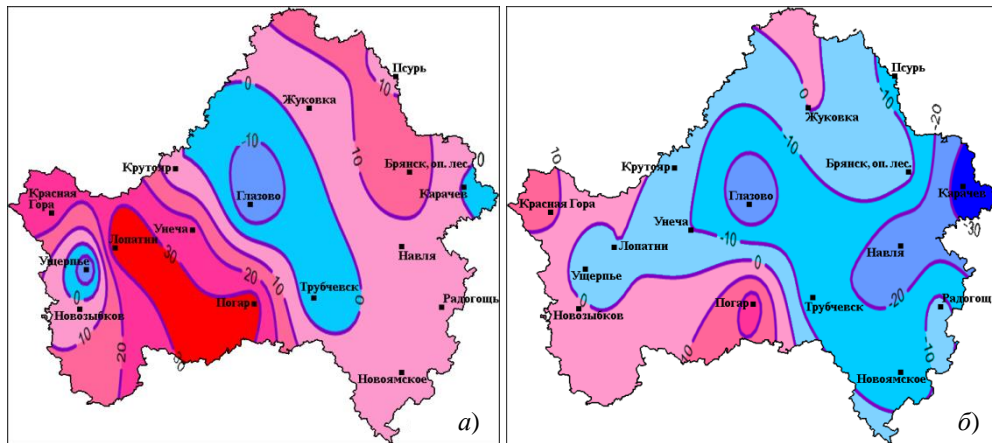


Рис. 9. Тренды сумм осадков за холодный (а) и теплый периоды (б) на территории Брянской области за 1976–2010 гг., мм/10 лет

Табл. 1

Осредненные по западному (ст. Красная Гора и Унеча) и восточному районам (ст. Карачев, Навля, Трубчевск) линейные тренды атмосферного давления за 1966–2010 гг. и 1976–2010 гг., гПа/10 лет

| Периоды года | Западная зона | | Восточная зона | |
|-----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | 1966–2010 гг. | 1976–2010 гг. | 1966–2010 гг. | 1976–2010 гг. |
| Холодный период | -0.15 | -0.45 | -0.19 | -0.32 |
| Теплый период | -0.10 | 0.17 | -0.12 | 0.17 |

На рис. 8 и 9 видно, что за временной промежуток 1976–2010 гг. в сравнении с интервалом 1951–2010 гг. в октябре – апреле происходит возрастание площадей с положительными тенденциями изменения сумм осадков, а в мае – сентябре – с отрицательными. Вероятно, это связано с более сильным уменьшением атмосферного давления в холодный сезон за 1976–2010 гг. на всех станциях и со сменой тенденции давления со слабого снижения на слабый рост в теплый период (табл. 1).

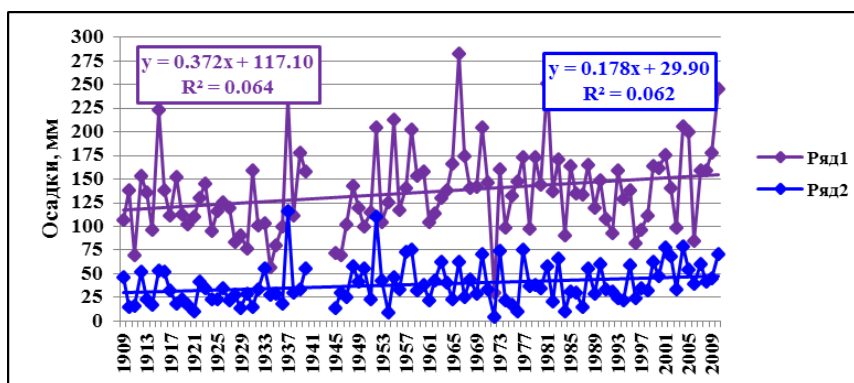


Рис. 10. Сумма осадков на ст. Брянск, оп. лес. за зиму (ряд 1) и за февраль (ряд 2) с 1909 по 2010 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

Статистически достоверные сезонные изменения осадков зафиксированы также в пунктах, не входящих в двух выделенных района. Но эти тенденции не характерны для прилегающих районов Брянской области. Так, на п. Ущерпье, находящемся в западной части региона, как за временной отрезок 1951–2010 гг., так и за интервал 1976–2010 гг. наблюдается убывание зимних осадков в основном за счет их депрессии в январе. На расположенном в восточной половине п. Радогощь за промежуток с 1951 по 2010 г. прослеживается рост увлажненности в холодный период, а на метеостанциях Жуковка и Брянск, оп. лес. за 1976–2010 гг. – в феврале.

Необходимо также отметить, что на ст. Брянское опытное лесничество, имеющей почти непрерывный ряд осадков с 1909 г. (отсутствуют данные с сентября 1941 г. по декабрь 1944 г.), за последние 102 года (1909–2010 гг.) произошло увеличение суммы осадков зимой на 38 мм (3.7 мм/10 лет) и в феврале на 18 мм (1.8 мм/10 лет) (рис. 10). Возрастание количества осадков зимой происходило неравномерно. Выделяются как периоды их роста (до 1916 г., с середины 30-х годов до 1970 г., с середины 90-х годов по 2010 г.), так и снижения (с 1916 г. до середины 30-х годов, с 1970 г. до середины 90-х годов).

Известно, что с 1976 г. началось наиболее интенсивное повышение глобальной температуры воздуха [1, 6, 9–10] и другие изменения в климатической системе. Атмосферные осадки являются одной их характеристик климата, поэтому в настоящей работе проводились исследования трендов осадков за этот период.

Результаты, полученные при оценке изменений количества осадков за период с максимальной скоростью роста температуры воздуха в Брянской области (1976–2002 гг.), отличаются от представленных ранее. Если за 1951–2010 гг. и с 1976 по 2010 г. было выявлено увеличение годовой суммы осадков в западном районе и ее уменьшение в восточном, то за интервал 1976–2002 гг. на большей части рассматриваемой территории наблюдалось иссушение климата. Но статистически значимые отрицательные изменения в этот промежуток имели место лишь вдоль восточной границы области (ст. Карачев и Навля, п. Псурь и Новоямское) и на п. Ущерпье. Линейный тренд осредненной по приграничному восточному району годовой суммы осадков за 1976–2002 гг. составил -43 мм /10 лет, или -117 мм/27 лет (рис. 11), а по п. Ущерпье он составил -63 мм/10 лет, или -171 мм/27 лет (рис. 12). Достоверных положительных тенденций в изменении количества выпадающей из атмосферы влаги не обнаружено.

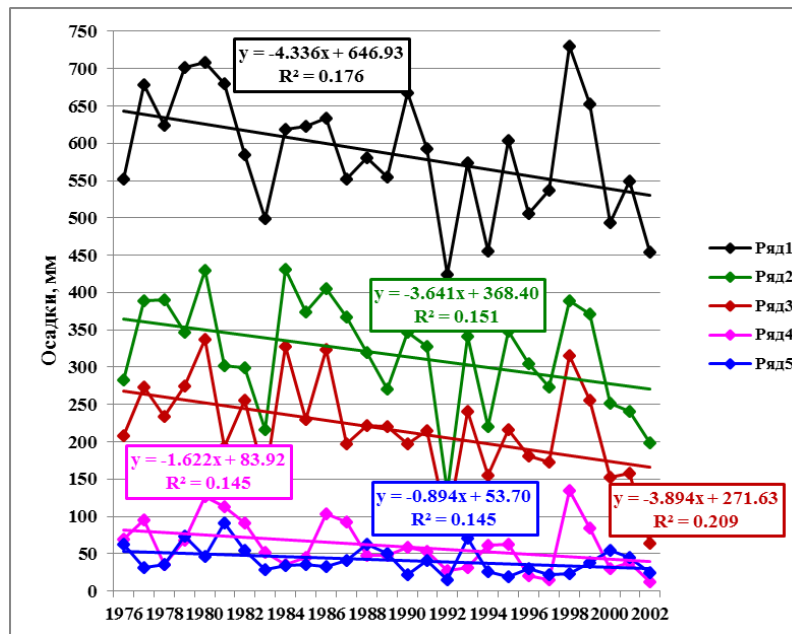


Рис. 11. Осредненные по приграничному восточному району суммы осадков за год (ряд 1), за теплый период (ряд 2), за лето (ряд 3), за август (ряд 4) и декабрь (ряд 5) с 1976 по 2002 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

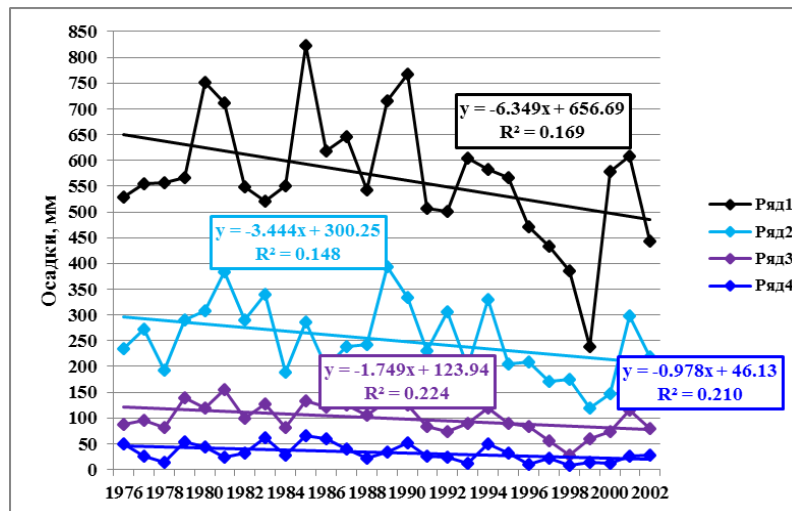


Рис. 12. Сумма осадков на п. Ущерпье за год (ряд 1), за холодный период (ряд 2), за зиму (ряд 3) и за январь (ряд 4) с 1976 по 2002 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

Анализ сезонных особенностей изменений осадков за временной отрезок 1976–2002 гг. показал, что убывание их годовой суммы в приграничном восточном районе произошло за счет сокращения осадков в теплый период, летом, в августе и декабре, а на п. Ущерпье – за счет их снижения в холодный сезон, зимой и в январе. В это же время в западном районе (метеостанции Красная Гора, Унеча, Новозыбков и посты Лопатни, Погар) отмечено возрастание увлажненности осенью, в феврале и мае (рис. 13).

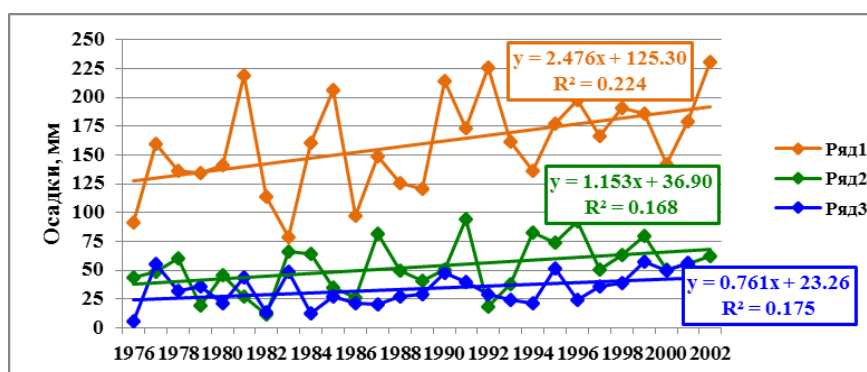


Рис. 13. Осредненные по западному району суммы осадков за осень (ряд 1), за май (ряд 2) и февраль (ряд 3) с 1976 по 2002 г. (межгодовые изменения и линейный тренд), мм

Вследствие того, что за рассматриваемые интервалы времени (1951–2010, 1976–2002, 1976–2010 гг.) на западе региона произошло увеличение осадков в период их сезонного минимума, а на востоке – убывание во время их сезонного максимума, амплитуда годового хода количества осадков почти на всей территории области уменьшилась.

Заключение

Подытоживая все вышесказанное, можно сделать следующие выводы.

По многолетним изменениям атмосферных осадков на территории Брянской области выделено два района с противоположными тенденциями: западный (увеличение годовой суммы осадков) и восточный (уменьшение осадков).

В западном районе наблюдается рост количества осадков в сезонный период их минимума в годовом ходе (октябрь – апрель), а в восточном районе – убывание осадков в сезонный период их максимума в годовом ходе (май – сентябрь).

Противоположные многолетние тенденции изменения атмосферных осадков в двух районах Брянской области в диаметральных сезонах привели в итоге в обоих районах к одинаковому эффекту – к уменьшению амплитуды годового хода количества осадков. На западе она снизилась за счет увеличения осадков в холодное полугодие, а на востоке – за счет сокращения осадков в теплое полугодие.

Литература

1. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: в 2 т. / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. – М.: Росгидромет, 2008. – Т. 1. Изменения климата. – 227 с.
2. Селютин В.С. Построение однородных рядов данных основных метеорологических величин для территории Брянской области // Вестн. Брян. гос. ун-та. – 2012. – № 4 (2). – С. 213–219.
3. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
4. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 242 с.

5. Лемешко Н.А., Сперанская Н.А. Особенности увлажнения европейской территории России в условиях изменяющегося климата // Современные проблемы гидрометеорологии. – СПб: Астерион, 2006. – С. 38–54.
6. Переведенцев Ю.П., Гоголь В.Ф., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Глобальные и региональные изменения климата на рубеже XX и XXI столетий // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География и геоэкология. – 2007. – № 2. – С. 5–12.
7. Аверкиев А.С. Оценка влияния циклонической активности на колебания уровня воды в Невской губе // Учен. зап. РГГМУ. – 2011. – № 18. – С. 100–111.
8. Нестеров Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. – М.: Триада ЛТД, 2013. – 144 с.
9. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебание и изменение климата на территории России // Физика атмосферы и океана. – 2003. – Т. 39, № 2. – С. 165–185.
10. Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. – Обнинск: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2008. – 247 с.

Поступила в редакцию
15.04.15

Селютин Валентин Сергеевич – независимый исследователь, г. Брянск, Россия.
E-mail: selyutin.valentin@yandex.ru

* * *

SPATIAL AND SEASONAL FEATURES OF THE LONG-TERM CHANGES IN ATMOSPHERIC PRECIPITATION AT THE TERRITORY OF BRYANSK REGION

V.S. Selyutin

Abstract

This work presents the analysis of trends in the changes of precipitation at the territory of Bryansk region during the late 20th and early 21st centuries. It has been shown that the linear trends in annual precipitation in different parts of the region differ in both absolute magnitude and sign. However, two districts with opposite changes in the investigated parameter can be clearly differentiated: the western and eastern ones. The western district is characterized by the increased amount of precipitation, while the eastern district suffers the precipitation decline. The seasonal structure of changes in precipitation has been studied. It has been established that positive trends in one district and negative trends in another district are formed in different seasons of the year. The spatial distribution of trends in annual and seasonal precipitation amounts has been illustrated using the map.

Keywords: Bryansk region, western and eastern districts, atmospheric precipitation, linear trend, trend significance.

References

1. Assessment Report on Climate Changes and Their Effects on the Territory of the Russian Federation: In 2 Vols. Vol. 1. Climate Changes. Bedritskii A. et al. (Eds.). Moscow, Rosgidromet, 2008. 227 p. (In Russian)
2. Selyutin V.S. Construction of homogeneous data series of the basic meteorological quantities for the territory of Bryansk region. *Vestn. Bryansk. Gos. Univ.*, 2012, no. 4 (2), pp. 213–219. (In Russian)
3. Afifi A., Eisen S. Statistical Analysis: Approach with the Use of a Computer. Moscow, Mir, 1982. 488 p.
4. Panofsky H.A., Brayer G.V. Statistical Methods in Meteorology. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1967. 242 p.

5. Lemesenko N.A., Speranskaya N.A. Humidification of the European Territory of Russia under the Changing Climate Conditions. *Sovremennye problemy gidrometeorologii* [Modern Problems of Hydrometeorology]. St. Petersburg, Asterion, 2006, pp. 38–54. (In Russian)
6. Perevedentsev Yu.P., Gogol' V.F., Naumov E.P., Shantalinskii K.M. Global and regional climate changes at the turn of the 20th and 21st centuries. *Vestn. Voronezh. Gos. Univ. Ser. Geogr. Geoekol.*, 2007, no. 2, pp. 5–12. (In Russian)
7. Averkiev A.S. Evaluation of the effect produced by the cyclonic activity on fluctuations of the water level in the Neva Bay. *Uch. Zap. Ross. Gos. Gidrometeorol. Univ.*, 2011, no. 18, pp. 100–111. (In Russian)
8. Nesterov E.S. The North Atlantic Oscillation: Atmosphere and Ocean. Moscow, Triada LTD, 2013. 144 p. (In Russian)
9. Gruza G.V., Rankova E.J. Fluctuations and changes in the climate at the territory of Russia. *Fiz. Atmos. Okeana*, 2003, vol. 39, no. 2, pp. 165–185. (In Russian)
10. Sherstyukov B.G. Regional and Seasonal Patterns of Changes in Modern Climate. Obninsk, GU "RIHMI-WDC", 2008. 247 p. (In Russian)

Received
April 15, 2015

Selyutin Valentin Sergeevich – Independent Researcher, Bryansk, Russia.
E-mail: selyutin.valentin@yandex.ru