

vodosnabzheniya i vodootvedeniya v g. Moskve pri novom stroitelstve i rekonstruktsii. – М.: 2018. – 177 s.

5. PP16-21 Posobie po proektirovaniyu zhilyh i grazhdanskikh zdaniy. Razdel 16 – Vodospobzhenie, kanalizatsiya, gazospobzhenie, vodostoki. Seriya 21 – Kolodtsy dlya setej vodoprovoda. – М.: ОАО «Mosprojekt», 2002. – 44 s.

6. **Ali M.S., Sabra K.S.** Osobennosti raboty tsentrobezhnykh nasosov s ispolzovaniem preobrazovatelya chastity vrashcheniya. // Prirodobustroystvo. 2013. – № 5. – S. 64-67.

The material was received at the editorial office
12.04.2019 g.

Information about the authors

Danilina Anna Valerievna, graduate student, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Timiryazeva, 49; e-mail: anydanilina@mail.ru

Mkhitaryan Marina Georgievna, candidate of technical sciences, associate professor of the department of agricultural water supply and discharge, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Timiryazevskaya ul., 49.; e-mail: mmgeorg@yandex.ru

Kochetova Nina Gennadievna, associate professor of the department of agricultural water supply and discharge, FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev, Timiryazevskaya ul., 49.; e-mail: koshtuvan@rgau-msha.ru

УДК 502/504:551.5:004

DOI 10.34677/1997-6011/2019-3-115-120

В.Е. ПУТЫРСКИЙ, А.В. КУКУШКИНА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

Составлена база данных пространственно-временного распределения экстремальных погодных явлений на территории России за период 1990-2015 гг. Проанализированы сезонные изменения экстремальности климата. Исследовано качественное распределение и динамика количественных характеристик различных атмосферных осадков (снег, продолжительный дождь, ливень, град) за исследуемый период. Оценена степень изменения количества экстремально сильных осадков по регионам Российской Федерации. За последние 25 лет количество ОГЯ (опасных гидрометеорологических явлений) возросло. Наблюдается наиболее значительный рост количества ОЯ конвективного характера – сильные ливни, град, шквал. Доля таких явлений в 2015 году составила 51%. В целом по территории России отмечалось увеличение аномалий количества осадков. Рост экстремально сильных атмосферных осадков составил 25% за период исследований. Анализ пространственно-временного распределения повторяемости экстремальных осадков показал, что в период с 2000 по 2015 гг. наблюдался наиболее резкий рост опасных явлений, особенно сильный на территории Сибирского и Центрального ФО. Именно эти явления напрямую связаны с процессами глобального потепления, а следовательно, интенсификацией восходящих потоков в атмосфере.

База данных, опасные погодные явления, экстремальные осадки, глобальное потепление, климатическая изменчивость.

Введение. Последние десятилетия оказались самыми теплыми за весь период инструментальных наблюдений. Среднегодовая температура на территории России выросла на 1°C, что на 0,3°C выше, чем в целом на планете. Наиболее серьезным последствием глобальных изменений климата является рост числа и интенсивности всех

экстремальных погодных явлений. За последние 20 лет рост количества опасных явлений, нанесших социальный и экономический ущерб, составил 9 явлений в год [1-2]. Исследования связи изменений климата с ростом числа опасных гидрометеорологических явлений ведутся сравнительно недавно. Поэтому существует необходимость

в систематизации и обобщении имеющегося массива данных.

В настоящее время погодно-климатическая ситуация на территории Российской Федерации характеризуется сильными температурными аномалиями – наблюдаются как экстремально теплые, так и экстремально холодные периоды в различные сезоны года. Все эти процессы, так или иначе, связаны с изменениями в водном балансе атмосферы [3]. Находясь в зависимости от температуры, фазовые переходы влаги в свою очередь оказывают влияние на радиационный баланс, облачность, градиент давления. Глобальные изменения приводят к росту количества энергии в атмосфере, и как следствие нарушению баланса всей климатической системы. Для территории России, где не ожидается дефицита воды или сильных потерь от повышения уровня моря, наиболее важным служит именно прогноз изменения частоты опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ).

Одной из основных проблем в исследованиях экстремальных атмосферных осадков, является отсутствие единого определения того, какие осадки следует считать экстремальными. В настоящее время существует три основных подхода. Первый – анализ пороговых значений. Здесь к экстремальным относят осадки, превышающие опасное для определенного района пороговое значение. Чаще всего используют одно значение для станции или административного района (например, 20 или 30 мм/день). Этот метод подходит для определения экстремальных явлений на небольшой территории с одинаковыми гидрометеорологическими условиями. Второй подход – метод моментов, определяемых осадками, превышающими 95% процентную обеспеченность. Он позволяет оценить характеристики экстремальности территории. Причём осадки с высокой относительной экстремальностью далеко не всегда являются опасными и интенсивными по абсолютным величинам. Третья группа, предполагает анализ продолжительности и интенсивности осадков. В целом пространственное распределение экстремальных осадков качественно отражает климатические особенности местности и рельефа [3].

Приведенные подходы предполагают достаточно трудоемкие исследования обширных рядов наблюдения. Для обобщенного анализа ситуации используются более простые методы. В основном применяется определение экстремальных осадков как

явлений, которые своей интенсивностью или продолжительностью оказывают негативное влияние на людей, объекты экономики и окружающую природную среду.

Материалы и методы исследования. Результатом анализа информации об аномальных гидрометеорологических явлениях на территории Российской Федерации по литературным источникам (ежемесячные обзоры в журнале «Метеорология и гидрология», данные ВНИИ ГМИ-ЦМД) стал электронный каталог экстремальных погодных явлений на территории России. В каталог вошли характеристики различных погодно-климатических явлений. Эти характеристики включают в себя данные о продолжительности явления, дате начала и окончания, интенсивности, нанесенном ущербе. Регион распространения (федеральный округ, область, город, населенный пункт, метеостанция) указывается в зависимости от масштаба явления: температурные аномалии распространяются сразу на область или округ, а локальные аномалии описывают с указанием метеостанции, на которой они были зафиксированы.

Результаты исследований. Согласно данным, за период с 1991 по 2015 годы количество опасных гидрометеорологических явлений увеличилось практически в два раза (рис. 1). Причем тенденция к росту наблюдается во всех рассматриваемых категориях явлений, а именно:

- климатических (экстремальные температуры, засухи);
- метеорологических (шквалы, ливни, град, грозы, снегопады).

Максимальная повторяемость аномальных погодно-климатических явлений характерна для летних месяцев, минимальные значения наблюдаются в переходные сезоны.

Так же нами проведен анализ распределения типов экстремальных явлений на территории России (рис. 2).

Как видно на диаграмме, основную опасность для России представляют сильный ветер и экстремальные осадки (25% и 26% соответственно). При этом если количество случаев экстремально сильных ветров за период исследования увеличилось не столь статистически значимо (5%), то увеличение количества экстремальных осадков превышает 25%. Из 580 погодных катаклизмов 2015 года 200 были связаны с сильными осадками. На них приходится более 55% экономических потерь от всех ОГЯ.

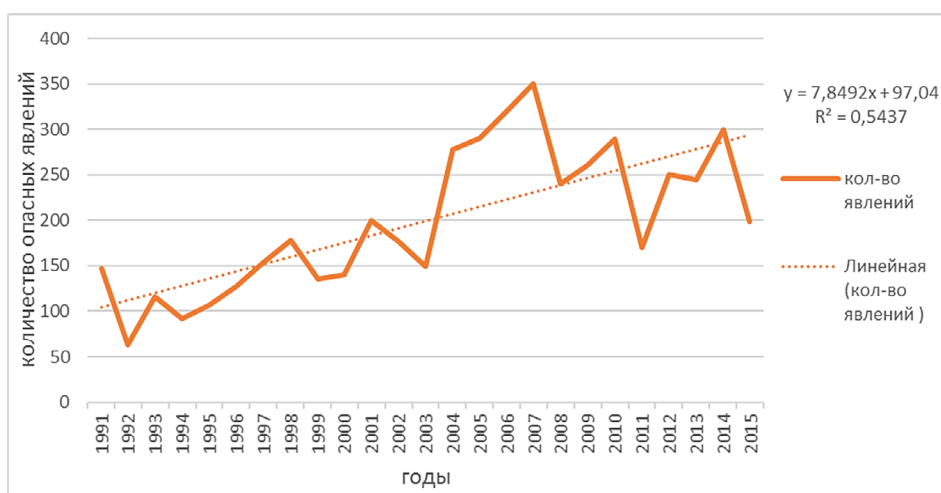


Рис. 1. Динамика изменения количества опасных погодных явлений за 1990-2015 гг.

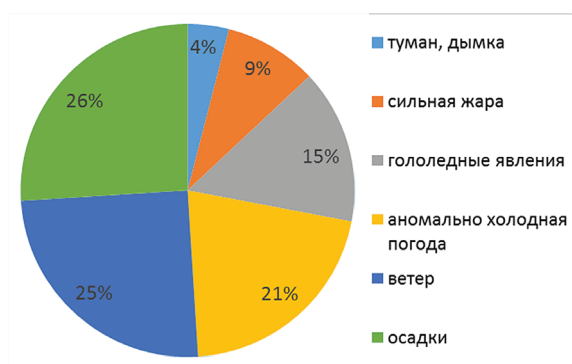


Рис. 2. Распределение количества основных типов экстремальных погодных явлений за 1990-2015 гг.

Анализ составленной базы данных по ОГЯ России показал, что за исследуемый период общее количество экстремальных осадков увеличилось по всей территории.

При этом явно выделяется два периода: 1991-2003 и 2004-2015 гг. В первом периоде количество экстремальных атмосферных осадков колеблется в пределах 100-200 явлений в год, в последующие годы количество явлений значительно возросло, и находится в пределах 200-300 явлений в год.

Прежде чем говорить об однозначном росте числа опасных осадков, необходимо установить, не связаны ли все описанные тенденции с отдельными производственными преобразованиями на сети метеостанций в последнее десятилетие. Для этого был составлен список из нескольких метеостанций, которые не закрывались в течение исследуемого периода, и проведено сравнение тенденций. В целом динамика к росту наблюдается в обоих случаях (рис. 3).

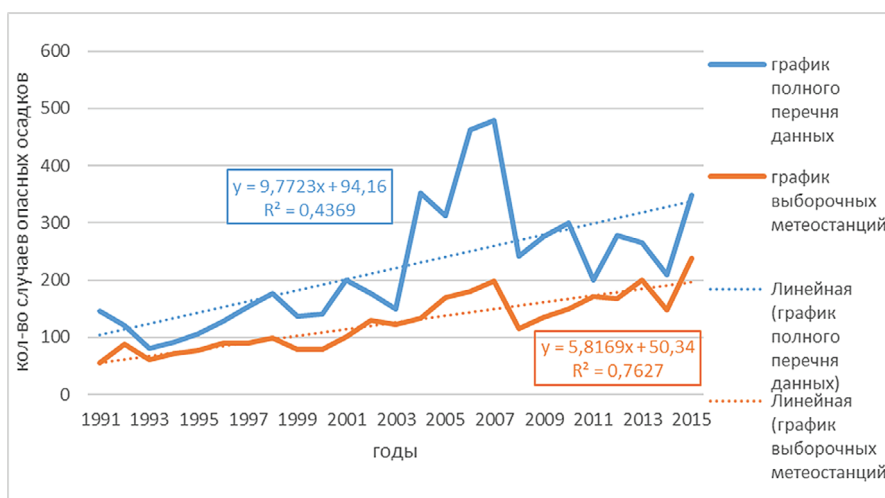


Рис. 3. Изменение количества экстремальных атмосферных осадков за 1991-2015 годы

Сильнее всего изменилось количество опасных атмосферных осадков летнего

периода. К таким осадкам относятся град, аномально продолжительный дождь и ливни.

На территории России все чаще наблюдаются ливневые осадки не характерного для климата типа – конвективные внутримассовые ливни, выпадающие из кучево-дождевых облаков, образованных вследствие сильного нагрева подстилающей поверхности.

В среднем за изучаемый 25-летний период увеличение количества сильных ливней составило 40%. При этом резкое увеличение наблюдается в последние десять лет. В этот период минимальное значение за год составило 103 явления, что больше максимального за предыдущие 14 лет количества экстремальных ливневых осадков (97 явлений). Так же значительно возросло количество сопряженных с конвективными осадками опасных явлений, прежде всего града и гроз.

Наибольшее количество экстремальных осадков за все время исследования наблюдается на территории Дальневосточного и Северокавказского ФО (рис. 4). Это связано с климатическими особенностями регионов, муссонным режимом Дальнего Востока и влиянием орографического рельефа на осадки Северокавказского региона.

В целом по территории России и в ее регионах (кроме Приамурья) отмечается некоторое увеличение аномалий количества осадков. Тренд среднегодовых осадков в среднем по России описывает 25% межгодовой изменчивости. Анализ пространственного распределения повторяемости

экстремальных суточных сумм осадков в период 1990-2015 гг. показал, что в период с 1991 по 2000 годы распределение было относительно равномерным, а с 2000 по 2015 гг. наблюдался резкий рост опасных явлений, особенно явный на территории Сибирского и Центрального ФО (рис. 5). Сравнивая эти два условных периода, можно заметить, что в первый – количество экстремальных явлений распределено относительно равномерно, с перепадом в 10-20 единиц, а примерно с двухтысячного года – происходит резкое расхождение годовых случаев опасных осадков в различных регионах на 20-60 единиц.

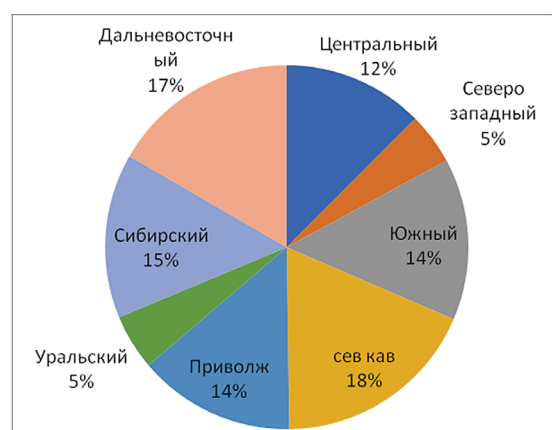


Рис. 4. Процентное соотношение многолетнего распределения случаев экстремальных атмосферных осадков по федеральным округам России

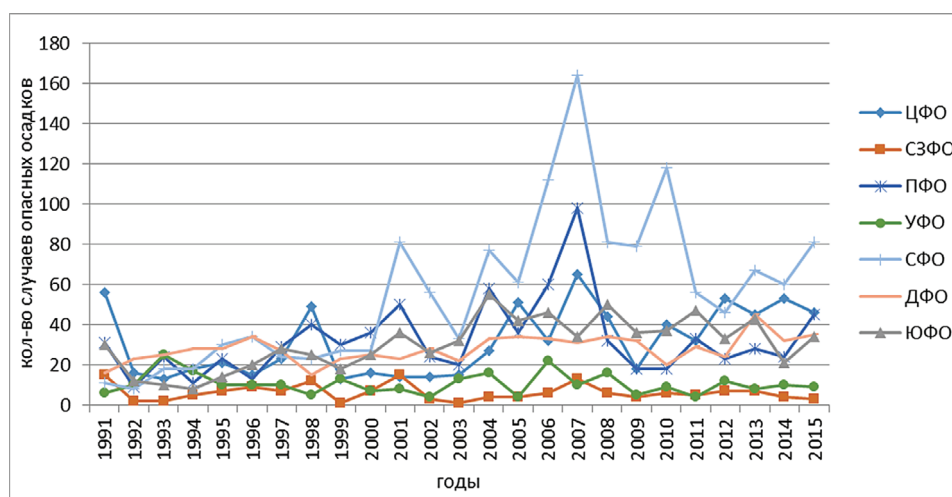


Рис. 5. Динамика количества экстремальных атмосферных осадков по федеральным округам РФ за 1991-2015 гг.

Как сказано выше, больше всего изменилось количество экстремальных атмосферных осадков в Сибирском ФО (более чем в четыре раза) и Центральном ФО. На территории Дальнего Востока и Северо-Западного

ФО наблюдалась отрицательная тенденция количества экстремальных атмосферных осадков. Остальная часть территории России характеризуется небольшим (до 35%) ростом числа опасных осадков.

Согласно полученным данным количество явлений увеличилось в регионах, где ранее наблюдалась достаточно низкая экстремальность климата, а на территории, где традиционно отмечались опасные явления, связанные с сильными осадками, т.е. прежде всего на Дальнем Востоке с присущим этому региону муссонным типом годового хода осадков, ситуация остается относительно стабильной.

Анализ сезонной повторяемости аномальных погодно-климатических явлений на территории России показал, что в Сибири максимальный рост повторяемости аномальных явлений характерен для летних месяцев, в то время как минимальные его значения наблюдаются в переходные сезоны. На территории Центрального федерального округа количество экстремальных осадков увеличилось во все сезоны года, кроме лета, особенно в весенне-осенний период. В тоже время на Дальнем Востоке дни с экстремальным количеством осадков чаще стали повторяться зимой и весной, что, вероятно, связано с изменением общей картины циркуляции атмосферы.

Выводы

1. В целом за последние 25 лет количество ОГЯ возросло. Исследования однозначно указывают, что тенденции усиления неустойчивости климатических условий и увеличения частоты и силы опасных экстремальных явлений продолжатся.

2. Рост числа опасных явлений, нанесших социальный и экономический ущерб, составил в последние десятилетия в среднем 9 явлений за год.

3. Наблюдается наиболее значительный рост количества ОЯ конвективного характера – сильные ливни, град, шквал. Доля таких явлений в 2015 году составила 51%. Именно эти явления напрямую связаны с увеличением глобальной температуры

земного шара, а следовательно, с интенсификацией восходящих потоков в атмосфере.

Библиографический список

1. Булыгина О.Н., Коршунова В.Н., Разуваев Н.Н. Критерии экстремальности климатических явлений в температурном режиме и режиме осадков на территории России. / Анализ изменений климата и их последствий. Тр. ВНИИГМИ-МЦД. Вып. 173. – Обнинск: 2007. – С. 38-53.

2. Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России. // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2016. – т. 1. – С. 84-103.

3. Бардин М.Ю., Платова Т.В. Изменения порогов экстремальных значений температур и осадков на территории России в период глобального потепления. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2013. – № 25. – С. 71-93.

Материал поступил в редакцию 31.01.2019 г.

Сведения об авторах

Путырский Владимир Евгеньевич, доктор географических наук, профессор кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул.Прянишникова, д. 12; e-mail: putyrsky1@yandex.ru

Кукушкина Анастасия Владимировна, старший лаборант кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул.Прянишникова, д. 12; e-mail: ctasia20@yandex.ru

**Статья написана в рамках исследования при финансовой поддержке гранта Российского географического общества. Проект РГО № 17-05-41085 «Создание геоинформационной системы «Экстремальные погодно-климатические явления в России в условиях меняющегося климата» с применением картографических веб-сервисов»*

V.E. PUTYRSKY, A.V. KUKUSHKINA

Federal State budget educational institution of higher education Russian state agrarian university – MAA named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

DYNAMICS OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF EXTREME PRECIPITATION ON THE TERRITORY OF THE RUSSIAN FEDERATION*

There is made a database of spatial-temporal distribution of extreme weather phenomena in Russia between 1990 and 2015. Seasonal changes of the extreme climate are analyzed. The qualitative distribution and dynamics of quantitative characteristics

of different atmospheric precipitation (snow, long rain, shower, hail) for the period were studied. The degree of change in the amount of extremely strong precipitation in the regions of the Russian Federation was assessed. For the past 25 years the quantity of GMOS has increased. In general, there was an increase in precipitation anomalies of a convection character – strong showers, hail, squalls. The share of such phenomena was 51% in 2015. In general on the territory of Russia there was marked an anomaly increase of precipitation quantity. The growth of extreme heavy atmospheric precipitation was 25% during the research period. The analysis of the spatial-temporal distribution of the recurrence of extreme precipitation showed that between 2000 and 2015 there was the sharpest growth of dangerous phenomena, especially strong on the territory of the Siberian and Central Federal okrugs. These phenomena are directly related to the processes of global warming, and hence the intensification of upward flows in the atmosphere.

Database, dangerous weather phenomena, extreme precipitation, global warming, climate variability.

References

1. **Bulygina O.N., Korshunova V.N., Razuvaev N.N.** «Kriterii ekstremalnosti klimaticheskikh yavleniy v temperaturnom rezhime i rezhime osadkov na territorii Rossii» // Analiz izmeneniy klimata i posledstviy / Tr. VNIIG-MI-MCD. – 2007. – Vyp. 173. – S. 38-53.
2. **Zolina O.G., Bulygina O.N.** «Sovremennay aklimaticheskaya izmenchivost harakteristik ekstremalnykh osadkovv Rossii» // Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya. – 2016. – t. 1. – s.84-103.
3. **Bardin M.Y., Platova T.V.** «Izmeneniya porogov ekstremalnykh znacheniy temperatur i osadkov na territorii Rossii v period globalnogo potepleniya» // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2013. № 25. S. 71-93.

The material was received at the editorial office
31.01.2019 g.

Information about the authors

Putyrsky Vladimir Evgenyevich, Doctor of Geography, Professor of the Department of Meteorology and climatology of the Russian state agrarian University – MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova str., 12; e-mail: ctasia20@yandex.ru

Kukushkina Anastasia Vladimirovna, laboratory assistant of the Department of Meteorology and Climatology of the Russian state agrarian University – MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova str., 12; e-mail: ctasia20@yandex.ru