

УДК 551.577.38:504.4

*В.Ю. Пасечкина, М.Н. Истомина, С.Г. Добровольский***СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЗАСУХИ МИРА И ИХ  
ЭВОЛЮЦИЯ ВО ВРЕМЕНИ: ПРИРОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ  
И ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
УЩЕРБОВ**

ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», sgdo@bk.ru

*V.Yu. Pasechkina, M.N. Istomina, S.G. Dobrovolski***WORLD AGRICULTURAL DROUGHTS AND THEIR  
TIME EVOLUTION: NATURAL PARAMETERS AND  
CHARACTERISTICS OF SOCIAL-ECONOMIC DAMAGES**

Анализируются, в глобальном масштабе, количественная информация о крупнейших «сельскохозяйственных» засухах и изменения их параметров во времени: географического положения районов засух, дат начала и длительности засух, материальных (финансовых) и гуманитарных (социальных) ущербов. Регистрируется формальное увеличение числа засух и ущербов от них на протяжении последних десятилетий. В то же время относительные параметры засух, в первую очередь приведенные к среднему на одну засуху – как природные параметры, так и характеристики ущербов – не обнаруживают статистически значимого роста за последние 40 лет, то есть за период наиболее интенсивного роста концентрации парниковых газов в атмосфере и глобальной температуры.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные засухи, природные параметры засух, характеристики социально-экономических ущербов.

Quantitative information about the strongest «agricultural» droughts, as well as time variations of those parameters, are analyzed in global scale: geographical locations of drought areas, dates of beginning and durations of droughts, material (financial) damages and humanitarian (social) losses. It is noted that formal increase of frequencies of droughts and their damages are registered during the recent decades. At the same time, the average values of different parameters per one drought – both natural parameters and damage characteristics – did not reveal statistically significant increase over the past 40 years – that is period of the most intensive rise of the greenhouse gases in the atmosphere and of global temperature.

**Keywords:** agricultural droughts, natural parameters of droughts, characteristics of social-economic damages.

**Введение. Понятие «засуха»**

Засухи, наряду с другими экстремальными явлениями естественного происхождения (наводнениями, землетрясениями, извержениями вулканов, штормами), относятся к числу наиболее опасных для человека явлений. Так, по нашим оценкам, с 1980 по 2016 г. число людей, пострадавших от крупных засух во всем мире, превысило 1,5 млрд человек, а общие финансовые ущербы от крупных засух оценивались суммой порядка 800 млрд долл.

В целом засухам и маловодьям посвящено сравнительно большое количество научных работ. Можно в этой связи упомянуть объемистые труды представительной

международной конференции «Экстремальные гидрологические события...» [14], издание «Экстремальные гидрологические ситуации» [13], работы [15, 19, 20–24] и др. Однако в основном перечисленные и другие работы посвящены засухам и маловодьям в пределах отдельных регионов и речных бассейнов. Вместе с тем представляется, что в глобальном масштабе (в особенности в такой части мира, как развивающиеся страны) засухи изучены недостаточно.

Прежде всего, отличается неопределенностью сам термин «засуха». Существуют по крайней мере четыре его толкования: «сельскохозяйственная засуха» (связанная с уменьшением или гибелью урожая, с потерями домашних животных); «метеорологическая засуха» – уменьшение увлажненности поверхности суши, оцениваемое по метеорологическим параметрам; «гидрологическая засуха» (логически пересекающаяся с понятием «маловодье») – уменьшение водности рек, озер и других гидрологических объектов. Однако в большинстве случаев и в имеющихся базах данных о засухах, и в литературе используют, скорее, интуитивное понятие «засуха», фактически совмещающее в себе все три предыдущих варианта, но все-таки находящееся ближе к понятию «сельскохозяйственная засуха».

Уже сама множественность понятий «засуха» говорит о том, что нет четких критериев того, какое уменьшение увлажненности поверхности суши можно причислять к засухам. Целесообразно, на наш взгляд, использовать здесь опыт изучения «противоположных» (кстати, несколько лучше изученных) экстремальных явлений – наводнений [1, 2, 8–10, 22]. Так же, как в случае с наводнениями (временными затоплениями освоенных человеком территорий, вызывающими отрицательные последствия социального и/или экономического характера), засуха имеет смысл рассматривать не столько как естественное явление, сколько как комплексное природно-социальное явление. Иными словами, уточнением интуитивного понятия «засуха», на наш взгляд, может быть следующее описание этого явления: *«временное уменьшение увлажненности, приводящее к социально-экономическим ущербам»*. При этом под социально-экономическими ущербами естественно понимать повреждение или уничтожение материальных объектов, соответствующие финансовые ущербы, но в особенности – социальные и гуманитарные ущербы, выражающиеся в вынужденном переселении людей, в сопутствующих психологических травмах, а также в вызванных недоеданием и недостаточностью качественной питьевой воды болезнях и смертях людей.

Нетрудно заметить, что и в такой трактовке, хотя и сужающей понятие «засуха» и делающей его несколько более четким, точная идентификация явления и точная оценка ущербов от него крайне затруднены. В развивающихся странах гуманитарные ущербы от засух зачастую трудно отделить от ущербов вследствие других событий: общего упадка экономики, военных действий, политических событий, миграций населения, антисанитарного состояния поселений, эпидемий и т. д.

Изучение засух чрезвычайно затруднено вследствие крайне недостаточной информации о явлении. Мы попытались осуществить комплексный подход к получению и анализу информации о засухах, заключающийся в анализе наиболее полных архивов соответствующих данных. Так, для анализа засух в интуитивном (скорее, «сельскохозяйственном») понимании явления мы использовали архив крупнейших засух Лувенского университета [21], по возможности дополнив его. Отметим, что

отдельно изучались данные по «метеорологическим засухам» [16] и «гидрологическим засухам» и маловодьям (по данным наблюдений за речным стоком использовался созданный нами архив данных по минимальному стоку, описанный в [5, 6]).

В заключение вводной части отметим, что для авторов основной интерес представлял вопрос о динамике засух, то есть об изменениях количественных параметров засух на протяжении последних лет и десятилетий. Методы анализа закономерностей изменчивости параметров во времени подробно описаны в [5, 6, 17, 18]. Во многих публикациях, как в научной, так и в научно-популярной литературе, и в СМИ в последние годы часто фигурирует мнение об увеличении количества и ущербов от таких явлений, как засухи и наводнения, причем причина этого роста зачастую видится в глобальном парниковом эффекте и увеличении вследствие этого глобальной температуры воздуха. Одной из основных задач настоящего исследования была проверка на основе количественных данных этого предположения.

Другими задачами, связанными с первой, но имеющими и самостоятельное значение, являются: подробный анализ вероятностных свойств каждого из доступных параметров засух, построение стохастических моделей временных рядов этих параметров, выявление взаимосвязей между различными параметрами засух как «естественными», так и параметрами социально-экономических ущербов.

Заметим, что в данной работе мы не касались такой также чрезвычайно дискуссионной проблемы, как опустынивание. Временные масштабы опустынивания, скорее всего, превышают те масштабы времени, которые исследуются в настоящей работе, а сам процесс опустынивания нуждается в использовании в большей степени биогеографических и биолого-почвенных методов. Заметим также, что формальное отличие опустынивания от засух и маловодий заключается в постоянном, а не во временном кардинальном уменьшении увлажненности.

### **Исходная информация**

Для достижения поставленных в работе целей в лаборатории глобальной гидрологии ИВП РАН создана (постоянно совершенствующаяся) электронная база данных по засухам мира. Для ее наполнения были использованы все доступные источники информации: научная литература, данные Интернета, информация СМИ, база данных Лувенского католического университета (Бельгия) [21], личная база данных [5] и др. Конечный вид базы данных – иерархический набор электронных таблиц в формате Statistica 6-1 [26], позволяющих использование программной среды «Статсофт» и других прикладных программ, в основном разработанных авторами статьи.

В общей сложности в базу данных вошла информация более чем по 2400 локациям засух за период 1900–2016 гг., в принципе соответствующих приведенному выше определению (см. карту на рис. 1).

В базе данных, кроме буквенных переменных, фиксировались следующие числовые параметры:

- широта и долгота центров районов (локаций) засух;
- время начала и завершения засухи (в месяцах и годах);
- материальный – финансовый – ущерб от засухи в сопоставимых денежных единицах с учетом инфляции;

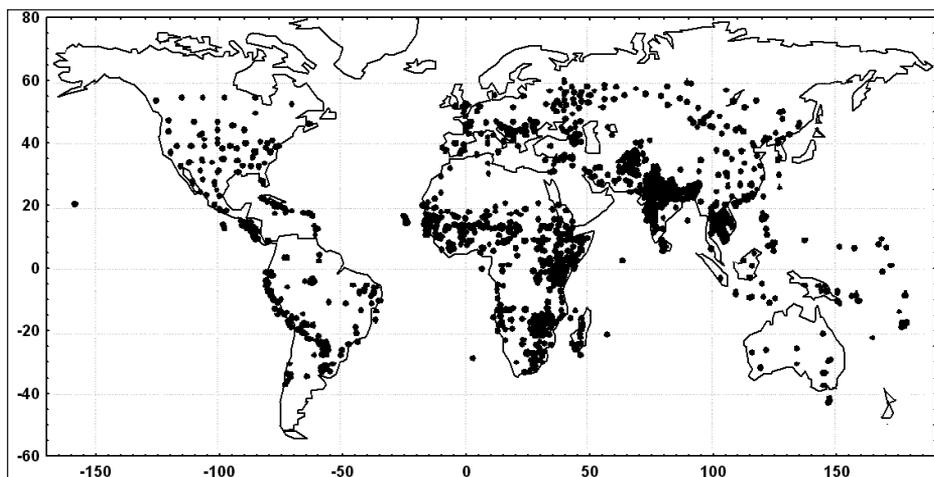


Рис. 1. Географическое положение центров локаций засух, 1900–2016 гг.

- общее число пострадавших от засухи людей;
- число погибших.

В общей сложности был охвачен период с конца XIX в. до первых месяцев 2016 г., однако наиболее подробная информация имеется за последние примерно 40 лет: с середины 1970-х годов до 2015 г. включительно. При этом не для каждого района засухи (локации) имелся полный набор параметров.

В качестве буквенных параметров в базе данных имеется информация о названиях географических пунктов (населенных пунктов или местностей), в которых наблюдалось явление, названия соответствующих стран, сведения об экономико-демографической ситуации в соответствующей стране (численность населения, ВВП и др.).

Как показывает картосхема на рис. 1, явления засух встречались в поясе от примерно 40° ю. ш. до приблизительно 60° с. ш. Более подробный анализ географического положения регионов засух будет дан в одном из последующих разделов.

Для анализа закономерностей изменений параметров засух и характеристик ущербов от засух использовались методы, описанные в работах [5, 6, 25, 27].

## **Природные параметры засух**

### ***Географическое положение районов засух***

Как указывалось, расположение центров районов засух (локализаций) показано на рис. 1. Карта на этом рисунке показывает, что пространственное распределение засух крайне неравномерно. Регионы наиболее частых засух: полуостров Индостан, часть территории Пакистана и примыкающей территории Афганистана в Евразии, зона Сахели, восточная и юго-восточная части Африки. Засухи почти не фиксировались для бассейнов Амазонки и Конго, а также для регионов Сахары, пустынь Аравийского полуострова и Центральной Азии. Наконец, отсутствовали упоминания о засухах севернее примерно 60° с. ш. и южнее примерно 40° ю. ш.

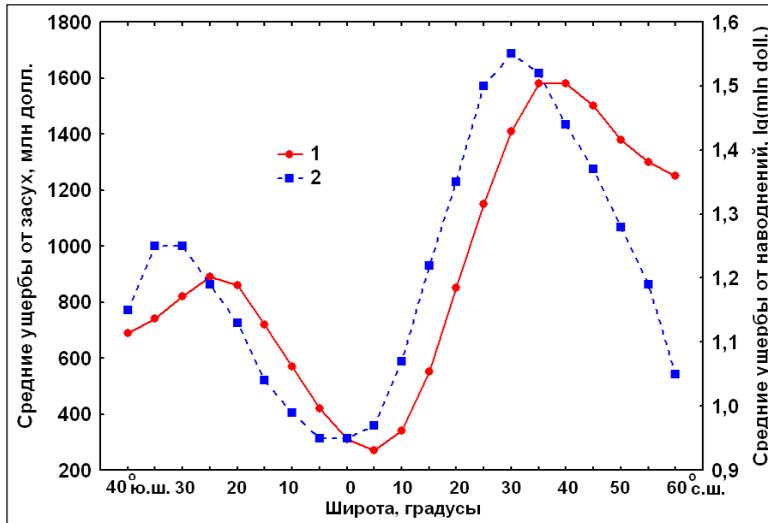


Рис. 2. Изменения по широте средних значений ущербов от засух (1) и наводнений (2)

Интересно то, что имеется определенное сходство, в глобальном масштабе, пространственного распределения основных регионов засух и наводнений – казалось бы, противоположных друг другу явлений. Действительно, и те, и другие катастрофические явления практически не происходят ни в максимально увлажненных регионах (бассейны Амазонки, Конго и т. п.), ни в наиболее пустынных регионах.

Карта на рис. 1 не дает представления об интенсивности засух. Забегая вперед, представим (рис. 2) широтное распределение средних ущербов от засух за период 1976–2015 гг., лучше освещенный данными. На этом же рисунке помещен график широтного распределения ущербов от наводнений. Как это ни парадоксально, в основных чертах два графика демонстрируют общие черты широтного распределения ущербов (а, значит, и интенсивности) двух типов явлений. А именно: абсолютные минимумы двух кривых приходятся на полосу приэкваториальных широт (между 5° южной и северной широт); максимумы приходятся на полосу 25–35° соответственно северных и южных широт. При этом кривая засух (1) незначительно, в глобальном масштабе, смещена относительно кривой наводнений (2) на 5–10° к северу, как в Северном, так и в Южном полушарии.

Указанное сходство свидетельствует о том, что оба типа катастрофических явлений имеют не только (может быть, не столько) природные, сколько социально-экономические причины. Действительно: как приэкваториальные, так и субполярные области Земли обладают скудным населением и слабо развитой экономикой. Наоборот, полоса 25–40° в обоих полушариях отличается повышенной плотностью населения.

### *Изменения во времени координат центров районов засух*

В соответствии с распространенным мнением о значительном влиянии глобального потепления на явления засух в принципе основные «пояса засух» должны

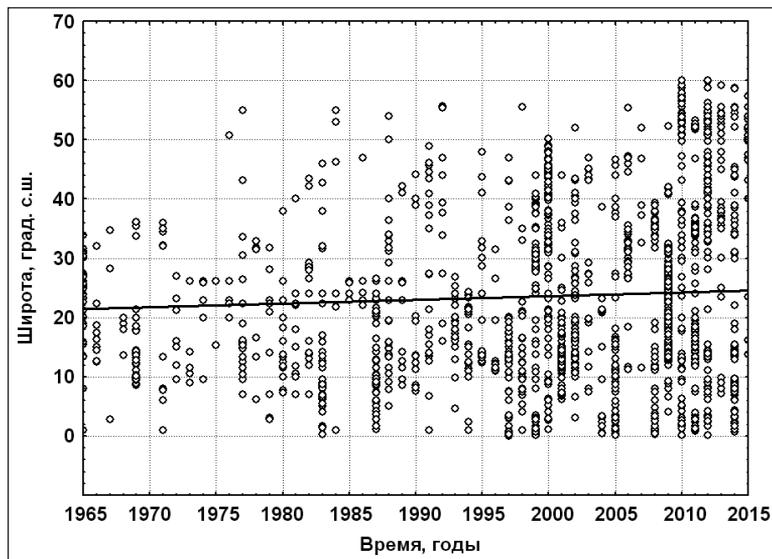


Рис. 3. Изменения во времени широт центров районов засух.  
Сплошная прямая линия – линейная аппроксимация  
методом пространственно-взвешенных наименьших средних квадратов

были бы с течением времени заметно продвигаться на север в Северном полушарии и на юг в Южном полушарии. Для проверки этого предположения нами были проанализированы изменения во времени широт центров районов засух за последние 40–50 лет, то есть именно за тот период, на протяжении которого наблюдалось значительное увеличение глобальной температуры воздуха, приписываемое большинством исследователей парниковому эффекту.

На рис. 3 показаны изменения во времени широт центров районов засух Северного полушария. Линейная аппроксимация указывает на сравнительно небольшое увеличение средней широты за последние полвека – примерно на  $3^\circ$ . Для того чтобы оценить статистическую значимость этих изменений, нами анализировался методами [3–6] ряд средних годовых широт центров районов наводнений за последние 40 лет – с 1976 по 2015 г. (рис. 4).

Анализ ряда на рис. 4 дает следующие результаты: среднее значение составило за этот период  $23,7^\circ$  с.ш. – значение, близкое к оценке медианы ( $22,3^\circ$ ); коэффициент коррелированности смежных членов исходного ряда составил крайне незначительную величину –  $0,024$ , аналогичное значение для ряда, пересчитанного в выборочные значения гауссовских случайных величин, равнялось нулю вплоть до третьего знака:  $0,00$ . Соответственно, стохастическая модель ряда была идентифицирована как реализация «гауссовского белого шума» – последовательности некоррелированных по времени случайных величин, другими словами, – процесса авторегрессии нулевого порядка.

Расчеты индексов стационарности ряда на рис. 4 по среднему значению ( $I_{SM}$ ), по автокоррелированности ( $I_{SR}$ ) и по стандартам ( $I_{SS}$ ) показывают, что ряд близок

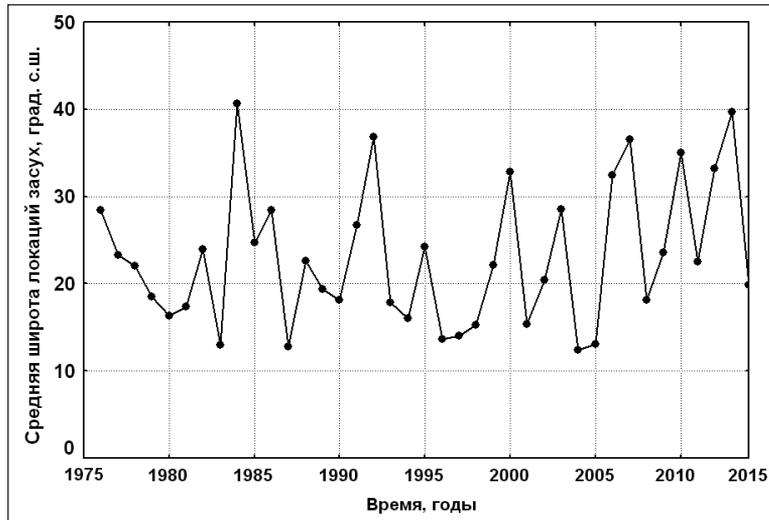


Рис. 4. Изменения во времени среднегодовых значений широт центров районов засух. Северное полушарие

к реализации стационарного случайного процесса. А именно: оценка значения  $I_{SM} = +0,35$ ;  $I_{SS} = +1,23$ ;  $I_{SR} = -1,05$ . Напомним, что для абсолютно стационарных рядов среднеквадратичное значение каждого из индексов равно, по модулю, единице, и плотность вероятности индексов соответствует нормальному распределению.

На рис. 5 и 6 показаны графики для Южного полушария, аналогичные соответственно графикам на рис. 3 и 4. Значения параметров, рассчитанных для ряда на рис. 6, следующие: среднее –  $15,5^\circ$  ю.ш.; медиана  $15,7^\circ$  ю.ш.; коэффициент корреляции между значениями широты смежных лет исходного ряда  $-0,064$ ; для ряда, пересчитанного в выборочные значения гауссовской случайной величины,  $-0,071$ ; порядок процесса авторегрессии в обоих случаях равнялся нулю. Значения индексов стационарности/нестационарности:  $I_{SM} = +1,63$ ;  $I_{SS} = -0,13$ ;  $I_{SR} = +0,16$ . Видно, что значение индекса стационарности по математическому ожиданию несколько повышено, однако выборочная изменчивость может давать сходную оценку и для стационарного ряда. Интересно, кроме того, что теоретически глобальное потепление должно было бы привести к продвижению средней широты пояса засух в Южном полушарии на юг, в то время как наблюдается (небольшое) продвижение к северу.

Таким образом, теоретически ожидаемого статистически значимого продвижения поясов засух Северного и Южного полушарий по направлению к соответствующим полюсам (за период наиболее интенсивного глобального потепления с середины 1970-х годов) не наблюдается.

### *Даты начала засух*

Существенна информация о датах начала засух и об их динамике. Осредненную для всего периода наблюдений картину для Северного полушария дает гистограмма на рис. 7.

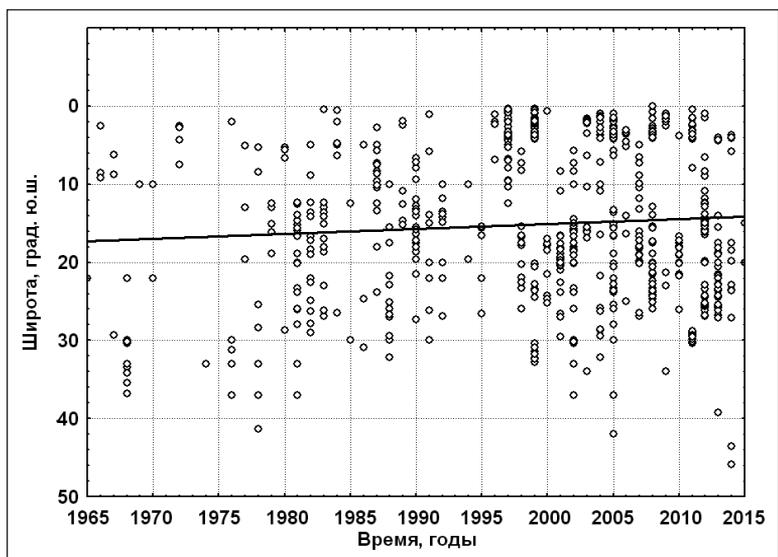


Рис. 5. То же, что рис. 3, но для Южного полушария

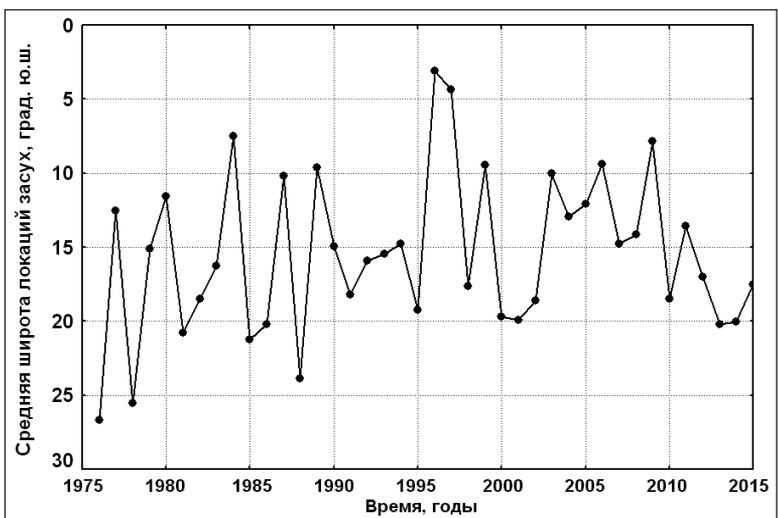


Рис. 6. То же, что рис. 4, но для Южного полушария

Рисунок показывает, что середина лета Северного полушария – июль – с большим опережением преобладает в отношении начала засушливых периодов. Второй по значимости пик наблюдается в середине зимы, в январе. На летний период приходится 41 % случаев начала засух, на зимний – 27 %, на весенний – 21 %, на осенний – всего 11 %.

О динамике дат начала засух Северного полушария дают представления графики на рис. 8 и 9. Рис. 8 демонстрирует некоторое визуальное статистически

незначимое увеличение примерно на 2,5 недели месяца начала засух. Заметим, что теоретически можно было бы ожидать обратного эффекта глобального потепления – наступления более ранних засух.

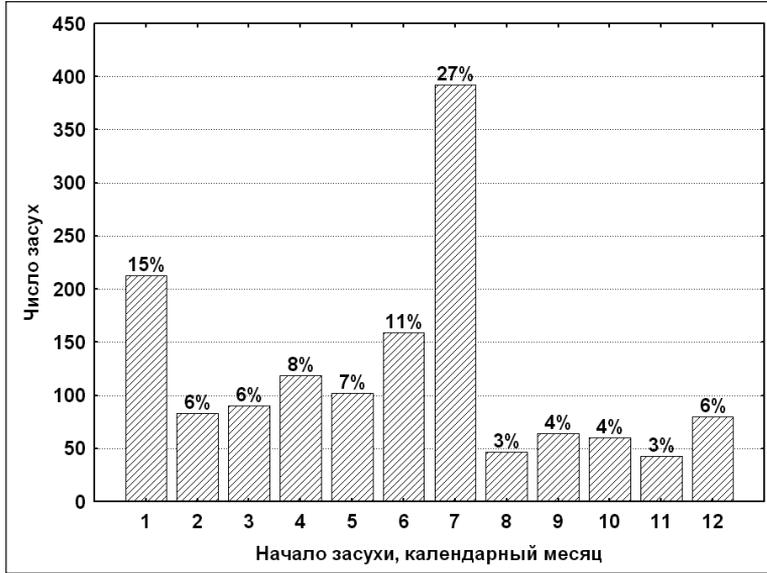


Рис. 7. Гистограмма месяцев начала засух в Северном полушарии

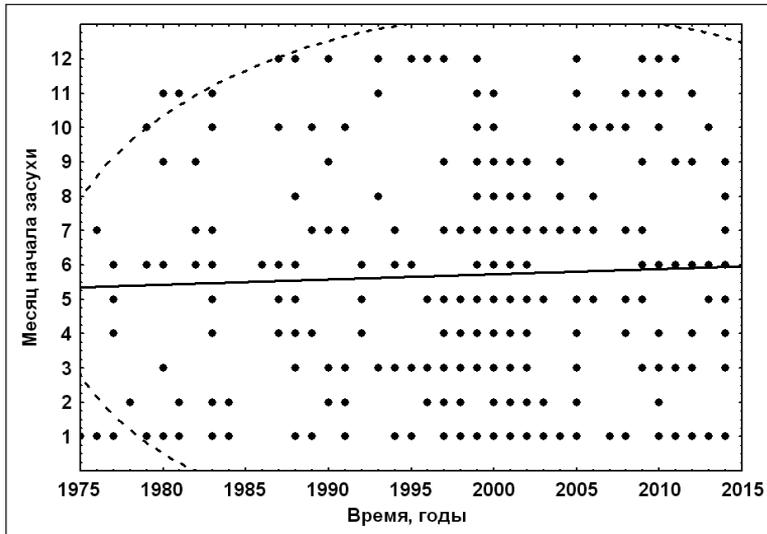


Рис. 8. Изменения во времени месяцев начала засух в Северном полушарии. Прямая линия – аппроксимация методом пространственно-взвешенных наименьших средних квадратов; пунктирная линия – 95%-й эллипс рассеяния

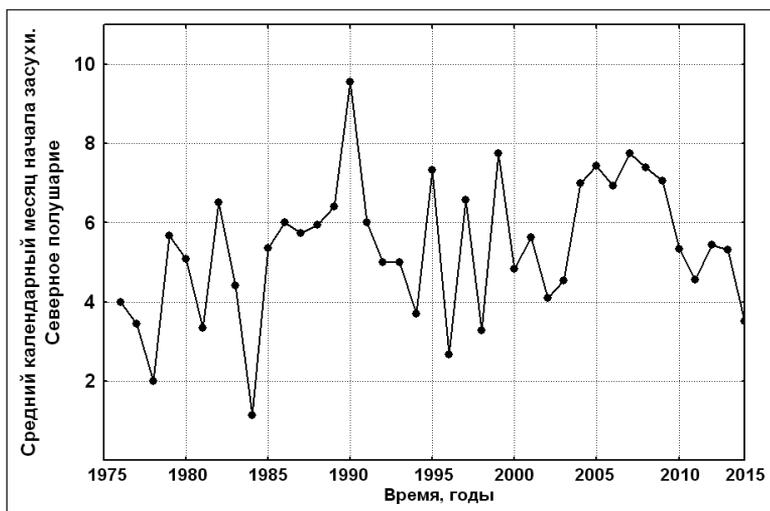


Рис. 9. Изменения во времени осредненных по годам календарных месяцев начала засух в Северном полушарии

Для более точной оценки значимости тренда в месяцах начала засух на рис. 9 представлены месяцы начала засух, осредненные по календарным годам. Анализ ряда на рис. 9 описанными выше методами показывает, что ряд удовлетворяет гипотезе стационарности как по математическому ожиданию, так и по стандартам и автокоррелированности: значение индексов стационарности соответственно  $I_{SM} = +1,01$ ;  $I_{SS} = -0,13$ ;  $I_{SR} = +0,21$ . Значения других параметров: среднее – 5,4 месяца (совпадает с модой и медианой); коэффициент коррелированности смежных значений исходного ряда +0,17; гауссовского ряда +0,16; порядки моделей авторегрессии в обоих случаях нулевые.

Гистограмма месяцев начала засух в Южном полушарии (рис. 10) в принципе аналогична соответствующей гистограмме для Северного полушария: максимум и в этом случае приходится на середину лета (Южного полушария, то есть на январь). Отличием является то, что не наблюдается четко выраженного вторичного максимума зимой Южного полушария.

### ***Продолжительность засух***

Методологические сложности, связанные с оценкой продолжительности засух, обусловлены тем, что обычно начало и окончание этого явления в источниках информации даются в месяцах. Таким образом, неопределенными оказываются продолжительности засух меньше месяца. Учитывая сомнительность такого рода информации, нами принимались во внимание только засухи продолжительностью 1 месяц и более.

С учетом указанной особенности небольших длительностей засух, не имело смысла оценивать гистограммы плотности вероятностей этого параметра в логарифмическом масштабе. На рис. 11 приведена гистограмма продолжительности в их исходном виде, аппроксимированная геометрическим распределением.

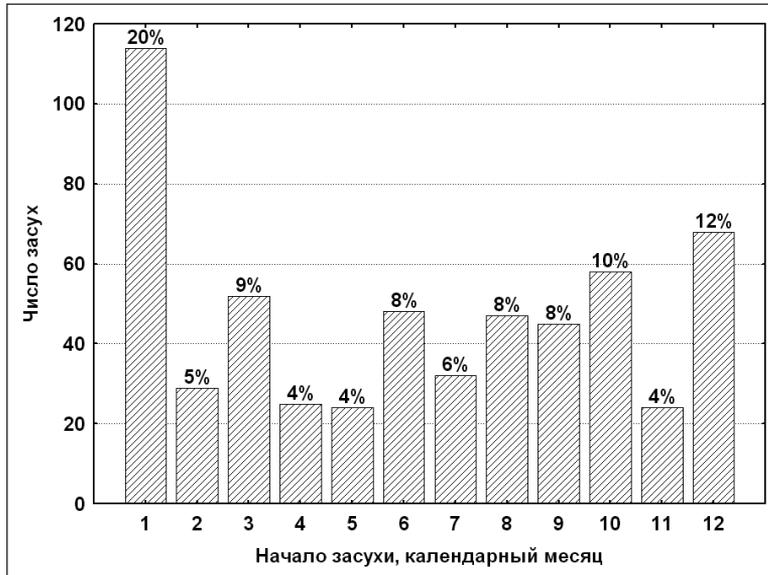


Рис. 10. Гистограмма месяцев начала засух в Южном полушарии

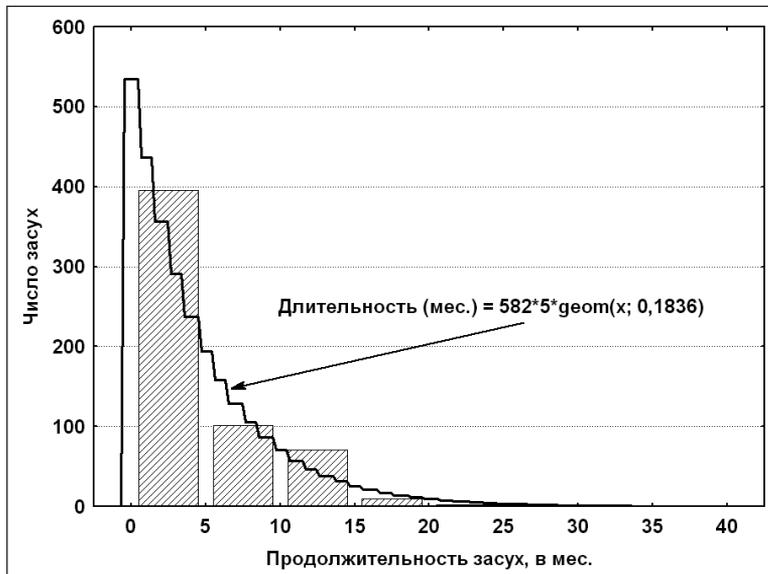


Рис. 11. Гистограмма плотности вероятности продолжительности засух

В целом статистики данных по продолжительности засух, в глобальном представлении, выглядят следующим образом: среднее значение – 4,45 мес. (то есть на полтора порядка больше, чем средняя продолжительность наводнений); стандарт – 4,96 мес.; мода и медиана равны 1 мес.; коэффициент асимметрии – 1,72.

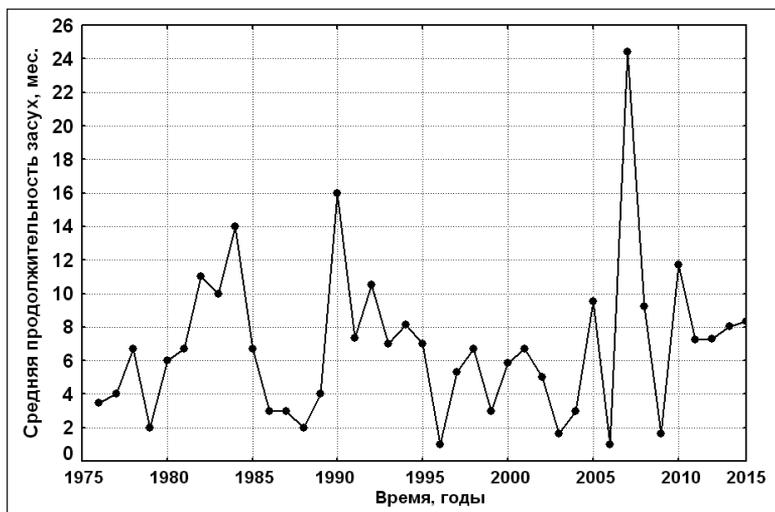


Рис. 12. Изменения во времени осредненных по годам средних значений продолжительности засух

На рис. 12 показаны изменения за период наиболее значительного глобально-го потепления (1976–2015 гг.) средних значений продолжительности засух. Анализ этого ряда описанными выше методами приводит к следующим результатам.

Коррелированность смежных значений исходного ряда составила  $-0,009$ ; «гауссовского» варианта ряда  $+0,04$ ; порядок авторегрессионных моделей в обоих случаях был равен нулю. Значения индексов стационарности:  $I_{SM} = -0,83$ ;  $I_{SS} = +0,95$ ;  $I_{SR} = -0,11$ . Изменения длительности засух за последние 40 лет, таким образом, не обнаруживают статистически значимых нестационарностей.

### **Характеристики социально-экономических ущербов от засух**

Задача оценки социально-экономических ущербов от засух еще более сложна, чем аналогичная задача для наводнений. Последствия засух, в особенности в развивающихся странах, трудно отличить от результатов таких явлений, как эпидемии, экономические кризисы, войны, миграции населения и т. д. Тем не менее представляется, что при осреднении данных по большому количеству засух значимые результаты выделяются на фоне ошибок – во всяком случае, приведенные ниже результаты в первом приближении представляются правдоподобными.

#### ***Материальные (финансовые) ущербы от засух***

Суммарный ущерб от засух за весь период времени, охваченный базой данных (в основном информация была за период 1976–2016 гг.), по нашим оценкам, составил 171 млрд 970 млн долл. США в ценах 2014 г. При этом информация по большому количеству средних и мелких засух отсутствовала, однако наиболее крупные засухи сравнительно полно освещены в базе данных.

Средняя величина ущерба составила 988,3 млн долл., медиана 140 млн долл., Наиболее крупный ущерб от одной засухи зафиксирован для засухи в США

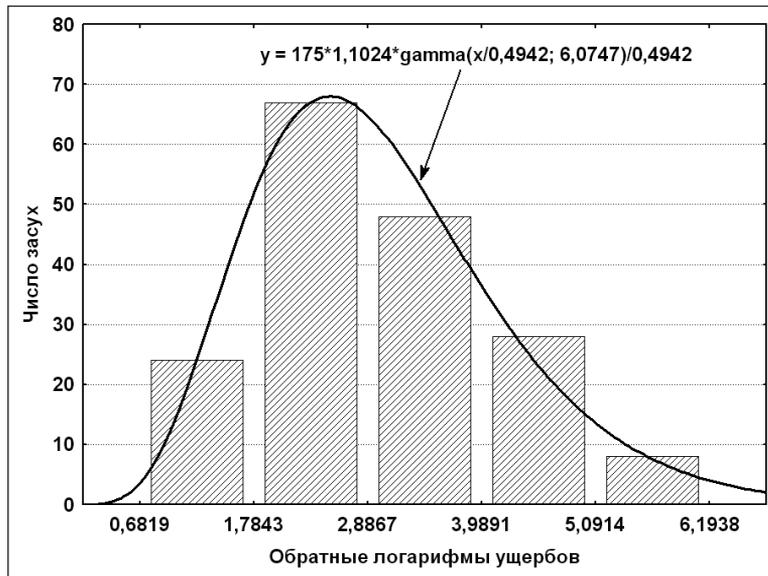


Рис. 13. Гистограмма плотности вероятности ущерба от наиболее крупных засух мира

в 2012 г. – 20 800 млн долл. Отметим в связи с этим, что вообще суммарные ущербы от засух в развитых странах («Золотого миллиарда») на 20 % превышают ущербы в развивающихся странах.

На рис. 13 показана гистограмма плотности вероятности ущерба от крупнейших засух мира в логарифмической шкале. Наиболее адекватная аналитическая аппроксимация – обратное логарифмическое гамма-распределение с параметрами, фигурирующими на рисунке.

Представляют интерес изменения средних ущербов от засух за последние десятилетия. Соответствующий график помещен на рис. 14. Анализ ряда на рис. 14 при помощи описанных в работах [5, 6] методов дает следующие результаты: выборочная оценка коэффициента коррелированности смежных членов исходного ряда равна 0,074; для ряда, пересчитанного в реализации гауссовского процесса, – 0,095. Оценки порядков процесса авторегрессии, описывающей процесс, в обоих случаях равны нулю. Индексы стационарности полностью соответствуют реализации стационарного процесса:  $I_{SM} = -0,96$ ;  $I_{SS} = -0,87$ ;  $I_{SR} = +0,004$ . Таким образом, изменения средних ущербов за период, соответствующий наибольшему росту глобальных температур (с середины 1970-х г. до 2015 г.), удовлетворительно описываются реализацией стационарного некоррелированного по времени процесса («белого шума»).

### **Гуманитарные (социальные) ущербы от засух**

Как указывалось выше, социальные (гуманитарные) ущербы от засух поддаются оценке лишь с большим трудом, так как трудно вычленил фактор засухи

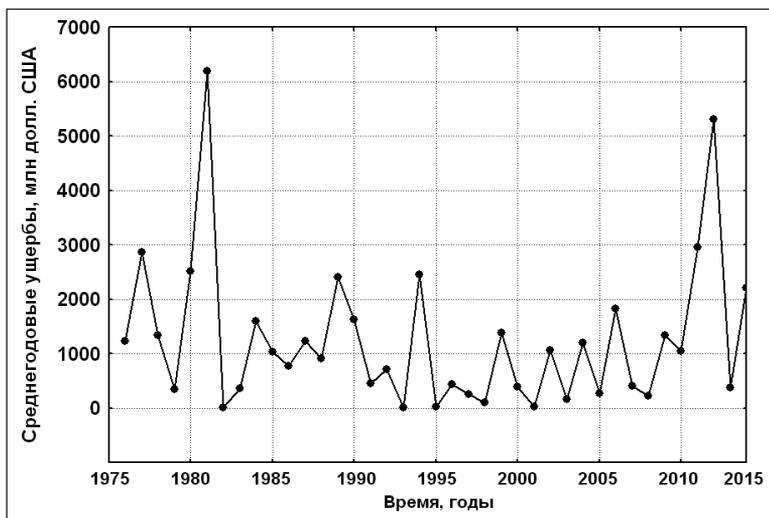


Рис. 14. Изменения во времени средних ущербов от засух

от других, зачастую одновременно действующих, факторов, приводящих к гуманитарным катастрофам: эпидемий, массовых миграций, войн и т. п., в первую очередь в слабо развитых странах. Тем не менее оценки гуманитарных ущербов существуют; наиболее часто встречаются оценки общего числа пострадавших от засухи.

По нашим расчетам, общее число пострадавших – в основном за наиболее освещенный информацией период с середины 1970-х г. – 2 240 110 тыс. чел., то есть более трети населения Земли. При этом необходимо учесть, что засухи зачастую повторяются примерно в одних и тех же регионах (Сахель, Индостан, Юго-Восточная Азия, Юго-Восточная Африка и др.), поэтому общее число людей, когда-либо подвергшихся ущербам от засух, может быть значительно меньше указанного числа.

Другие параметры распределений числа пострадавших: среднее число пострадавших от одной засухи, входящей в базу данных, – 5 477 тыс. чел., медиана – 655 тыс. чел., мода – 1 млн чел., коэффициент вариации – 4,62, коэффициент асимметрии – 9,35. В связи с последним числом можно заметить, что  $C_S$ , как и в случае с наводнениями мира, непрерывно растет при переходе от «нейтральных» параметров засух к параметрам, отражающим опасность для людей: для географических координат центров регионов засух и дат начала засух  $C_S$  меньше единицы, для продолжительности засух – 1,7; для материальных ущербов – 5,6; для числа пострадавших – 9,4.

На рис. 15 показана гистограмма плотности вероятности пострадавших от засух, удовлетворительно описываемая логнормальным распределением.

На рис. 16 показаны изменения во времени средне годового числа пострадавших от засух. Как и рассмотренные ранее ряды других параметров засух, ряд на рис. 16 описывается реализацией «белого шума». Параметры модели:

коэффициент коррелированности смежных величин исходного ряда – 0,041; пересчитанного в выборочные значения гауссовских величин +0,101; порядки авторегрессионных моделей в обоих случаях нулевые; значения индексов стационарности:  $I_{SM} = +0,33$ ;  $I_{SS} = -0,40$ ;  $I_{SR} = -0,21$ .

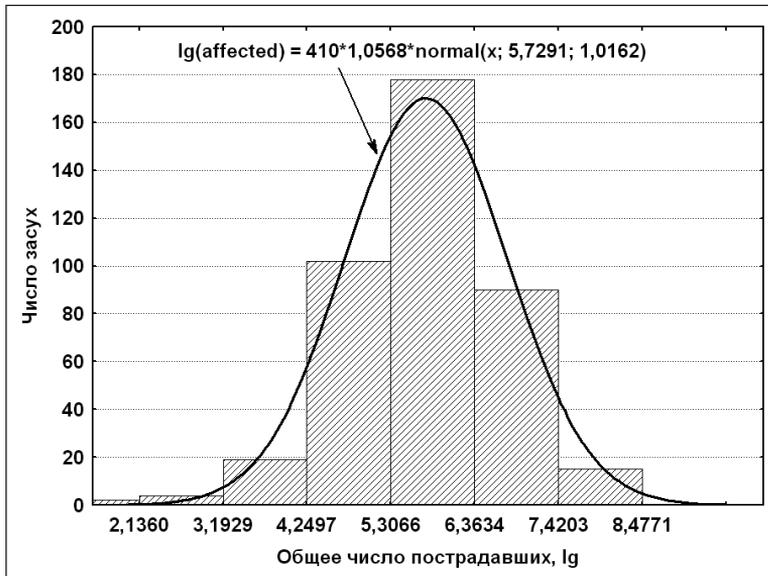


Рис. 15. Гистограмма плотности вероятности числа пострадавших от засух

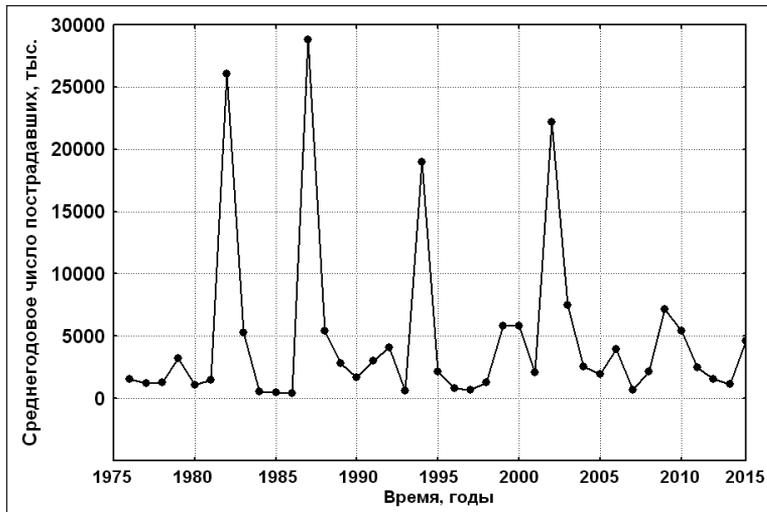


Рис. 16. Изменения во времени средне годового числа пострадавших от засух в мире

Наконец, наиболее трагическое последствие засух – смертельные случаи. По имеющейся у нас информации, общее число погибших от засух с 1900 г. составило 10 500 тыс. чел. – число, сопоставимое с числами погибших в мировых войнах. Наиболее трагичной была засуха в Китае в 1928 г. – около 3 000 000 погибших, в 1943 г. на территории современной Бангладеш (тогда – Индии) погибли 1 900 000 чел.

### Обсуждение результатов

В настоящий момент имеется возможность представить более подробную картину засух мира и их динамики, чем в предыдущих исследованиях, в том числе в работе [7]. В целом засухи приводят к значительным материальным и финансовым потерям (в наибольшей степени – в развитых странах), но еще более чувствительны и нетерпимы социальные (гуманитарные) ущербы от засух; более 2 млрд пострадавших и более 10 млн погибших (в основном – в развивающихся странах).

Парадоксальным образом среднее широтное распределение ущербов от засух примерно совпадает с аналогичным распределением для наводнений. Это указывает на то, что и то, и другое катастрофическое явление имеет не только и даже не столько природные, сколько социально-экономические причины: в обоих случаях наибольшие материальные ущербы наблюдаются в наиболее развитых странах, наибольшие гуманитарные ущербы – в регионах с наибольшей плотностью населения.

На протяжении всего XX в., в особенности за последние десятилетия, наблюдался формальный рост частоты засух и ущербов от засух. Однако чрезвычайно трудно отделить действительные изменения количества засух и ущербов от них от формального роста, связанного с увеличением объемов информации о засухах. Более надежными параметрами являются относительные характеристики – например, величины различных параметров, приходящиеся в среднем на одну засуху. Такого рода относительные параметры (как природные, так и характеристики ущербов) не обнаруживают статистически значимого роста за последние 40 лет, то есть за период наиболее интенсивного роста глобальной температуры.

### Литература

1. Авакян А.Б. Наводнения. Концепция защиты // Изв. РАН. Сер. Географическая. 2000, № 5. – С. 40–46.
2. Авакян А.Б., Истомина М.Н. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема // Вестник РАН. 2002. Т. 72, № 12. – С. 1–21.
3. Добровольский С.Г. Аномалии глобального теплообмена. – М.: Сов. геофизич. комитет, 1991. – 128 с.
4. Добровольский С.Г. Климатические изменения в системе «гидросфера – атмосфера». – М.: Геос, 2002. – 256 с.
5. Добровольский С.Г. Глобальные изменения речного стока. – М.: Геос, 2011. – 660 с.
6. Добровольский С.Г. Межгодовые и многолетние изменения стока рек мира // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 6. – С. 643–660.
7. Добровольский С.Г. Засухи мира и их эволюция во времени: сельскохозяйственный, метеорологический и гидрологический аспекты // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 2. – С. 119–132.
8. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. – М.: Геос, 2006. – 256 с.

9. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Характеристика наводнений на территории России по природным и социально-экономическим параметрам // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 5. – С. 515–531.
10. Истомина М.Н., Кочарян А.Г., Лебедева И.П. Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия наводнений // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 4. – С. 1–10.
11. Малинин В.Н., Гордеева С.М., Митина Ю.В. Изменчивость невских наводнений и морского уровня в Финском заливе в современных климатических условиях // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 5. – С. 544–556.
12. Малинин В.Н., Митина Ю.В., Шевчук О.И. К оценке затопления побережья курортного района Санкт-Петербурга при прохождении экстремальных наводненческих циклонов // Учен. зап. ПГГМУ. 2013, № 29. – С. 138–144.
13. Экстремальные гидрологические ситуации. – М.: Медиа-Пресс, 2010. – 464 с.
14. Экстремальные гидрологические события: теория, моделирование и прогнозирование. – М.: ИВП РАН, 2003. – 380 с.
15. Alley W.M. 1984: Palmer Drought Severity Index: Limitations and assumptions // Journal of Climate and Applied Meteorology, 1984, vol. 23, pp. 1100–1109.
16. Dai A., Trenberth K.E., Qian T. A global dataset of Palmer Severity Index for 1870 – 2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming // Journal of Hydrometeorology, 2004, vol. 5, pp. 1117–1130.
17. Dobrovolski S.G. Global climatic changes in water and heat transfer-accumulation processes. – Amsterdam et al.: Elsevier, 1992. – 282 p.
18. Dobrovolski S.G. Stochastic climate theory. – Berlin, Heidelberg et al.: Springer, 2000. – 296 p.
19. Domonkos P., Szalai S, Zoboki J. Analysis of drought severity using PDSI and SPI indices // Idoejaras, 2001, vol. 105, pp. 93–107.
20. Dos Santos R.M.N., Pereira A.R. 1999: Palmer drought severity index for western Sao Paulo state, Brazil // Review of Brazil Agrometeorology, 1999, vol. 7, pp. 139–145.
21. International Disaster Database. – [Электронный ресурс] URL: <http://www.emdat.be/>.
22. Istomina M.N., Dobrovolski S.G. Floods of the world: quantitative analysis of natural characteristics and parameters of social-economic damages // Water Resources, 2016, v. 43, pp. 459–471.
23. Nicholls N. The changing nature of Australian droughts // Climatic Change, 2004, vol. 63, pp. 323–336.
24. Palmer W.C. 1965: Meteorological drought. Research Paper 45. – Washington, DC: U.S. Dept. of Commerce, 1965. – 58 p.
25. Privalsky V.E., Jensen D.T. Time series analysis package. Autoregressive time and frequency domain analysis of scalar and multi-variate time series. – Logan, UT: Utah Climate Center, Utah University, 1992. – 61 p.
26. Statistica for Windows. Volume I. – Tulsa, OK: StatSoft, Inc., 2008. – 877 p.
27. Ulrych T.J, Bishop T. Maximum entropy spectral analysis and autoregressive decomposition // Review of Geophysics and Space Physics, 1975, vol. 13, pp. 183–200.