

О ПОВТОРЯЕМОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ЗАСУХ И ИЗБЫТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ НА ОТДЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ В БАССЕЙНАХ РЕК ВОЛГА, ДОН И УРАЛ

В.Ф. Козельцева, Н.Н. Кузнецова, В.А. Тищенко

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации;
nkuznetsova@metcom.ru*

Введение

Изучение климатических особенностей различных территорий обычно проводится на обширной базе конкретных данных. В связи с этим предусматривается постоянное пополнение материала и уточнение отдельных элементов погоды. В работе Г.И. Марчука [2] отмечается: «Совокупность погод за долгий период мы называем климатом. И знать, будет ли он меняться и как, и под влиянием каких факторов, – жизненно важно для нашего и будущего поколений».

В Гидрометцентре России с 1985 года под руководством Д.А. Педя собран обширный материал фактических значений индекса атмосферной засухи и засушливости (S_i) по 40 станциям западной части СССР за май – август 1900–1979 гг. [1]. В ходе работы над данной статьей была создана база данного параметра за апрель и сентябрь 1949–2015 гг. (табл. 1) и продлена специализированная база индекса S_i за май – август с 1980 по 2015 г. (табл. 2). Пополнение базы обусловлено, во-первых, тем, что в апреле начинаются посевные работы, а, как известно, весенняя засуха наиболее вредно отражается на первом периоде роста яровых в дополнение к ней культуре; во-вторых, в сентябре заканчивается посев озимых культур, а осенние засухи опасны для всходов озимых.

Таблица 2

**Значения атмосферной засушливости (S_i) за апрель и сентябрь
1949–2015 гг.**

Год	Станции													
	Москва		Казань		Саратов		Астрахань		Ростов		Гурьев		Оренбург	
	IV	IX	IV	IX	IV	IX	IV	IX	IV	IX	IV	IX	IV	IX
1949	0,6	2,6	-0,8	0,9	0,1	1,5	-1,0	0,5	-1,2	0,6	-2,0	-0,6	-1,4	0,5
1950	3,1	1,3	2,4	-1,1	1,0	-0,1	2,4	2,0	2,7	1,5	2,3	1,4	1,5	0,0
1951	2,5	1,9	3,2	1,2	2,7	1,3	2,5	0,2	2,5	1,4	3,2	1,0	3,4	0,4
1952	1,1	1,5	-0,6	1,9	-0,2	0,4	-1,0	1,4	0,3	0,9	-1,1	0,1	-1,3	1,1
1953	2,1	-0,8	0,9	-2,0	0,0	0,7	0,2	-0,3	0,8	-0,3	-0,3	-0,2	1,1	-1,8
1954	-0,3	1,3	0,1	0,1	-2,4	1,4	-1,5	1,8	0,8	2,2	-2,9	1,5	-2,8	1,8
1955	-1,7	3,3	0,4	1,3	-0,7	2,1	-0,3	1,1	-1,2	2,3	-0,8	1,5	1,0	1,5
1956	-0,8	0,0	1,3	-2,4	-2,8	-2,4	0,6	-1,5	-1,8	-3,5	0,7	-1,2	-0,5	-4,6
1957	1,4	1,3	0,0	3,5	1,4	3,6	1,6	0,7	2,2	-0,1	0,9	2,2	0,5	3,6
1958	-0,7	-0,3	-0,2	-2,0	-1,8	-1,7	-2,6	-1,3	-2,2	-0,7	-0,9	-1,6	-1,8	-2,8
1959	0,4	-0,9	0,7	-1,3	-1,1	-3,8	-0,1	-0,4	0,0	-2,6	-2,1	-3,6	-1,0	-3,3
1960	1,0	-0,8	1,5	-0,1	-1,0	-1,1	0,2	-1,9	0,0	-0,1	0,9	-0,2	-0,4	0,8
1961	0,7	0,0	-3,2	-0,8	-2,3	-1,0	-0,3	-2,9	-0,3	-1,1	-0,1	-5,0	-0,5	-1,3
1962	1,5	0,7	1,9	1,4	0,0	0,3	1,3	0,3	1,4	0,4	1,5	-0,5	1,8	1,1
1963	0,1	1,5	-0,6	1,1	-0,2	1,7	-3,8	-0,8	-0,8	1,0	-0,9	0,1	0,5	0,9
1964	0,3	1,6	-0,7	1,8	-1,5	0,8	-0,7	0,6	0,3	1,5	-1,1	0,9	-3,0	0,3
1965	-1,3	0,2	2,2	1,5	-1,9	1,4	-2,3	-0,4	-2,0	1,9	-2,9	-3,5	-1,8	1,5
1966	1,7	-1,2	1,5	-0,8	2,0	0,2	-0,7	-0,8	0,8	0,5	-0,9	-0,5	-1,2	-0,6
1967	0,2	1,5	1,3	-0,5	0,1	-0,8	1,0	-0,2	0,8	0,5	2,0	-1,3	3,3	-1,2
1968	0,1	0,9	-0,7	0,3	-2,0	-0,2	0,5	2,2	1,7	0,6	0,7	1,4	-0,8	-1,0
1969	-0,3	-0,3	0,9	2,0	1,0	-1,5	0,1	-1,6	0,7	-1,9	-0,8	0,2	0,0	1,0
1970	-2,3	0,1	-2,1	0,1	-1,3	2,1	2,0	-1,5	2,0	0,4	2,1	-1,1	0,3	0,6
1971	-1,2	-0,5	-0,7	1,9	-0,4	1,7	-2,1	0,5	0,8	2,2	-1,4	3,1	0,0	4,1
1972	-0,2	0,4	1,0	-2,1	-0,5	-0,3	1,6	1,6	0,8	-0,4	0,6	0,9	-0,3	0,7
1973	0,1	-1,9	1,2	-3,8	1,8	-4,6	0,4	-1,8	1,2	-1,0	2,1	-2,1	1,5	-5,1
1974	-0,4	2,9	-1,2	3,0	-1,8	2,1	-0,9	0,8	-1,0	0,5	-1,9	0,3	0,8	1,3
1975	2,5	3,0	2,6	3,3	1,7	1,7	2,2	0,5	1,9	-0,2	2,5	2,0	2,9	3,2
1976	-0,6	0,6	-0,8	0,8	0,6	-0,2	1,4	-0,5	1,4	-2,7	1,3	-0,6	1,0	-0,3
1977	0,5	-0,5	-0,3	0,2	-0,8	-2,4	2,0	-1,0	-2,3	-2,5	1,6	-0,9	1,5	-0,4
1978	0,1	-0,9	0,0	-2,6	-1,3	-1,9	-2,2	-2,3	-1,5	-0,3	-1,0	0,9	-0,9	0,3
1979	0,1	-0,9	-0,8	1,0	-3,6	0,5	-0,1	1,9	0,2	1,0	-0,7	0,0	-1,8	0,3

**Значения параметра атмосферной засухливости (Sf) по отдельным станциям
для апреля – сентября 1980–2015 гг.**

Год	Станции																							
	Москва			Казань			Саратов			Астрахань														
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX						
1980	0,4	-3,3	-0,9	-1,1	-2,6	0,3	0,7	1,4	0,6	-1,3	-2,6	-0,4	-1,6	-0,5	-1,0	0,2	-2,2	-1,3	-0,1	-0,6	0,3	1,4	-1,7	-0,3
1981	-0,5	2,5	1,9	0,0	-0,2	-2,0	-1,4	1,3	1,9	2,7	1,4	-0,6	-2,4	0,4	2,3	1,0	1,6	0,1	-0,3	-3,1	2,9	0,0	0,6	1,1
1982	-1,1	0,1	-0,9	-0,4	-0,3	0,6	-2,0	-0,7	-2,3	1,0	-0,5	1,5	-1,9	0,3	1,5	-0,8	-1,2	-0,3	1,1	-3,3	0,9	-1,5	-1,1	-1,2
1983	1,0	3,8	-1,4	0,4	1,2	1,7	2,2	-1,8	-2,4	-0,4	0,2	0,7	2,3	-0,6	-1,4	-1,4	-0,3	0,8	1,6	0,0	-1,0	1,1	0,9	-1,5
1984	2,3	1,9	-1,8	0,0	0,2	-1,0	1,2	3,0	-0,8	1,2	-3,2	0,1	0,8	3,4	0,6	1,6	-1,1	1,2	0,1	2,7	-0,6	2,2	-0,7	1,1
1985	-0,1	0,4	-1,6	-1,1	3,4	-1,8	-0,6	0,1	-1,0	-1,5	2,2	-0,6	-0,4	1,5	-3,0	-1,0	1,5	-3,3	-0,4	1,4	0,2	-1,5	1,1	-1,6
1986	-1,9	3,0	-0,8	-0,2	-1,8	-1,8	2,7	0,3	-0,3	-1,2	-1,0	-2,8	2,0	-0,8	1,7	0,7	1,9	-2,0	2,4	0,2	1,2	-0,5	1,0	1,9
1987	-0,6	-1,3	-0,3	0,2	-0,2	-0,9	-1,1	1,4	2,0	-1,8	-1,0	-1,3	-2,1	1,5	1,3	-0,4	-1,3	-2,8	-1,3	0,5	0,8	-0,6	-3,7	-0,5
1988	0,5	1,8	1,0	1,6	-0,7	1,1	0,3	1,8	2,0	2,3	-0,4	-0,7	-2,2	0,7	2,1	2,1	-0,6	-0,6	1,1	-0,7	1,7	1,7	0,5	0,0
1989	2,6	1,8	1,9	1,7	-1,6	2,2	0,1	-1,2	3,4	-0,3	0,0	1,6	0,9	-0,7	1,3	-0,5	0,1	1,0	0,3	-3,6	0,9	-1,0	1,9	0,3
1990	2,0	-0,2	-0,3	-1,1	-0,6	-2,6	0,6	0,2	-3,1	-0,5	-1,7	-1,8	-0,3	-1,5	-2,1	-2,5	-4,2	-3,2	1,0	-0,8	-2,3	-0,2	-1,0	1,0
1991	0,6	0,9	-0,3	-0,5	-2,3	-0,6	0,9	1,8	2,3	1,0	-2,1	-0,2	1,1	1,9	1,8	1,5	-0,9	0,2	0,3	-0,2	0,6	0,2	0,2	-0,3
1992	0,2	0,0	1,4	2,1	1,7	1,6	-0,5	-1,0	1,2	-0,4	0,2	1,5	-0,6	-0,8	1,0	-1,0	0,6	0,3	-0,2	0,4	-3,3	-6,7	-2,4	-0,5
1993	0,4	1,7	-3,3	-2,3	-1,9	-3,8	1,9	1,1	-0,5	1,2	0,4	-3,5	-1,8	0,4	-3,1	-1,5	0,8	-1,9	-0,4	-1,7	-1,5	-1,3	-0,3	-0,5
1994	2,1	-2,2	-1,6	0,2	-0,6	2,2	1,4	-1,6	-0,9	-2,2	-1,2	2,7	1,3	-1,4	-1,0	-1,0	-0,7	2,8	1,6	0,0	-1,5	-0,3	-2,4	2,3
1995	0,9	1,4	1,3	1,6	1,5	1,4	2,5	2,1	1,9	2,0	0,8	1,9	0,8	1,5	1,9	1,6	-0,3	0,2	2,5	1,0	1,5	1,9	1,1	1,1
1996	1,5	1,2	1,1	1,6	2,4	0,1	0,0	1,5	1,2	1,6	0,3	1,1	0,8	1,5	1,7	2,7	1,1	0,7	-1,2	1,5	0,5	1,6	0,7	0,9
1997	0,7	0,0	1,9	2,6	2,0	-0,2	0,3	-0,5	1,6	0,9	0,8	0,5	0,6	-0,4	4,0	-0,2	0,8	0,1	0,5	0,9	0,7	-0,7	1,6	-0,6

Год	Станции																							
	Москва						Казань						Саратов						Астрахань					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1998	-0,4	0,7	3,4	1,5	0,5	1,1	-0,8	1,0	3,1	2,8	0,8	0,7	-0,7	1,9	3,3	3,2	1,2	2,2	0,9	1,0	3,3	1,2	1,3	0,8
1999	3,5	-0,9	4,4	3,6	1,2	2,1	2,4	1,5	3,2	2,7	0,6	0,5	2,3	-0,6	2,0	2,8	1,1	0,9	1,7	-1,5	1,1	0,2	2,9	0,6
2000	3,9	-0,2	-0,9	1,3	0,3	-0,2	2,7	-2,3	0,4	2,2	-0,7	-0,5	1,1	-2,3	-1,1	2,1	1,2	-2,5	1,4	-2,7	-0,1	0,8	0,2	-0,3
2001	3,2	-2,8	1,3	4,3	2,1	2,8	3,1	0,1	0,4	3,1	1,2	2,0	2,3	-0,4	0,1	3,5	1,2	1,3	0,0	0,1	-0,6	0,9	1,5	1,7
2002	2,3	1,2	2,2	4,6	2,3	1,8	1,9	-1,1	0,6	3,2	0,7	2,0	0,9	0,4	0,9	3,7	0,6	2,0	0,6	-1,6	0,3	1,6	0,4	2,2
2003	0,7	2,3	-0,4	3,2	1,1	1,2	1,9	1,2	-0,8	1,9	2,2	1,7	0,2	2,0	-1,3	1,3	1,2	0,6	-0,5	1,4	1,3	-0,2	2,2	0,5
2004	0,6	0,3	0,9	1,9	3,2	1,9	0,1	1,1	0,7	1,9	2,5	2,1	0,5	0,7	1,2	0,5	2,2	2,1	0,3	1,1	0,1	-0,5	2,7	1,8
2005	1,8	1,5	1,4	2,2	2,1	2,8	1,4	2,4	0,3	1,3	1,7	2,0	1,0	2,7	0,9	2,1	1,1	2,3	1,6	2,2	0,4	1,1	1,3	3,1
2006	0,1	-0,3	1,3	1,3	2,0	1,3	-1,2	-0,2	1,5	-0,8	0,6	1,0	-2,4	0,1	1,6	-0,6	1,1	1,9	0,1	-1,0	2,6	-0,3	3,7	1,4
2007	1,0	1,7	2,0	0,7	2,2	0,6	-0,2	0,8	-0,4	0,2	2,9	0,6	-0,6	2,2	0,1	0,8	3,3	0,5	-2,3	-0,1	1,0	0,6	3,9	1,3
2008	1,8	-1,3	-0,3	-1,7	-0,3	-0,4	3,0	-1,3	-0,8	0,5	0,8	-1,3	-1,2	0,3	-1,9	-2,0	1,8	-0,4	1,2	-0,8	0,2	0,4	1,9	0,2
2009	0,3	0,0	1,1	0,9	-0,7	2,2	0,4	0,7	1,7	-0,5	0,1	3,3	0,5	-0,8	2,1	1,8	-0,2	2,9	-0,4	-2,6	1,8	0,9	-3,0	1,1
2010	1,8	1,3	1,9	6,5	3,6	0,2	2,5	2,1	3,0	5,2	3,4	1,6	1,0	1,7	2,9	4,4	4,4	2,7	-0,8	1,0	2,6	3,0	3,8	2,5
2011	0,3	1,8	2,2	3,4	1,9	0,3	0,8	0,8	-1,3	1,5	2,4	-0,1	-0,2	0,6	-0,9	2,0	1,4	0,4	-2,7	-2,7	0,6	2,2	0,9	0,3
2012	0,9	0,8	-0,2	2,5	0,7	1,6	1,7	1,5	1,6	1,8	0,8	0,5	1,8	1,9	1,2	1,9	1,6	1,3	3,5	3,3	1,4	0,9	3,3	0,4
2013	-0,7	0,3	2,2	0,3	1,2	-4,1	1,5	1,2	2,4	0,4	2,6	-1,4	1,2	2,3	1,9	0,0	1,1	-1,5	1,3	2,8	1,0	0,0	0,6	-2,3
2014	1,8	0,7	0,9	3,9	1,6	1,6	0,6	2,5	0,2	1,4	1,4	1,9	0,2	2,3	0,3	1,8	2,3	1,3	0,3	3,1	1,5	0,6	4,1	0,1
2015	0,1	-1,7	0,0	-0,6	2,4	0,9	-1,2	2,0	2,4	-0,9	-0,5	3,5	-1,6	0,7	1,9	0,4	1,0	3,0	-0,5	-0,5	3,2	1,0	2,1	3,1

Результатом осенних засух является снижение урожайности этих культур. Информация о засухе ($Si \geq 2,0$), засушливости ($Si \geq 1,5$), избыточном увлажнении ($Si \leq -2,0$), увлажненности ($Si \leq -1,5$) атмосферы в эти месяцы необходима и многим другим отраслям народного хозяйства.

Исследования проводились на основе сформированной базы данных. В работе к анализу привлечены семь станций (Москва, Казань, Саратов, Астрахань, Ростов-на-Дону, Гурьев, Оренбург), расположенных в бассейнах рек Москва, Волга, Дон и Урал и находящихся на территориях с хорошо развитыми отдельными отраслями промышленности, сельского хозяйства, рыболовства, животноводства и др. Выбор территории не случаен. Как известно, засухи и избыточное увлажнение также оказывают большое влияние на полноводность рек и морей, что непосредственно сказывается на навигации, как следствие – на рыболовстве, работах в сельском хозяйстве и других отраслях народного хозяйства.

Экстремальные значения $Si \geq 2,0$ и $Si \leq -2,0$ (засуха и избыточное увлажнение) в природе встречаются довольно редко. С целью увеличения числа случаев в данной работе использовался диапазон значений $Si \geq 1,5 \div 1,9$ и $Si \leq -1,5 \div -1,9$, соответствующих атмосферной засушливости и атмосферной увлажненности.

Данные табл. 3 дают возможность судить об изменениях параметра Si , произошедших за май – август 1980–2015 гг. по сравнению с 1900–1979 гг., а также о ходе его изменения за апрель и сентябрь в течение 1949–2015 гг. Кроме того, по пополненной базе данных уточнялись климатические характеристики индекса Si по отдельным месяцам (табл. 3). К ним относятся минимальные, максимальные значения данного параметра и амплитуды (А) его изменений за определенные отрезки времени.

Апрель. Максимальные значения параметра Si на изучаемой территории колебались в пределах от 2,7 (Саратов 1951 г. и Ростов–на-Дону 1950 г.) до 4,3 (Гурьев 2012 г.). Максимальные значения параметра отмечались в Казани в 1951 г. ($Si=3,2$), Оренбурге и Астрахани в 2012 г. ($Si=3,5$) и в Москве в 2000 г. ($Si=3,9$). По этим данным видно, что апрельская засуха в разные годы охватывала все изучаемые территории. Так, в 1951 г. она

распространилась по всей Европейской территории, а в 2012 г. наблюдалась в Нижнем Поволжье и Оренбургской области.

Минимальные величины индекса S_i , указывающие на избыточное увлажнение ($S_i \leq -2,0$), изменялись от -2,0 (Казань 1982 г.) до -3,8 (Астрахань 1963 г.).

При этом на остальных станциях минимальные значения S_i были очень близкими: -3,0 (Оренбург 1964 г.), -3,1 (Ростов-на-Дону 1987 г.), -3,2 (Казань 1961 г.), -3,6 (Саратов 1979 г.) и -3,7 (Гурьев 2007 г.). Во всех пунктах, за исключением Гурьева, самые высокие показатели избыточного увлажнения отмечались до 1980 года.

Если сравнивать изменения параметра S_i , произошедшие с 1980 г., можно заключить, что в целом по выбранным пунктам выросла интенсивность засух при уменьшении интенсивности избыточного увлажнения. В апреле произошло перекрытие максимальных значений S_i при засухе в Москве, Астрахани, Гурьеве и Оренбурге.

Наибольшие амплитуды значений S_i отмечались в Гурьеве (8,0), а на остальных станциях они были около 5,0–6,0.

Май. В этом месяце абсолютный максимум колебался от 3,6 (Астрахань 1957 г.) до 4,2 (Казань 1906 г.). В Москве (1963, 1970 гг.), Ростове-на-Дону (1979 г.) и Оренбурге (1957 г.) эта величина равнялась 4,0, а в Саратове (1906 г.) и Гурьеве (1957 г.) – 4,1.

Абсолютные минимальные значения параметра S_i в мае превышают апрельские минимумы, а именно – равны -5,8 в Саратове и Оренбурге (1945 г.). На остальных станциях они варьировали от -4,3 до -5,1. Особо отметим станцию Гурьев, на которой произошло перекрытие абсолютного минимума S_i (избыточное увлажнение) после 1979 года.

В целом в мае наиболее интенсивные засухи и случаи избыточного увлажнения наблюдалась до 1980 года.

По сравнению с апрелем увеличился разброс величины индекса S_i от 8,0 (Астрахань) до 9,9 (Саратов).

Июнь – начало летних засух. Месяц характеризуется максимальными значениями параметра S_i от 3,6 (Астрахань 1975 г.) до 4,5 (Оренбург 2000, 2010 гг.). При этом на всех станциях

Климатические характеристики параметра Si

№	Станция	Апрель 1949-1979 гг.				Апрель 1980-2015 гг.						
		max	год	min	год	A	max	год	min	год	A	
1	Москва	3,1	1950	-2,3	1970	5,4	1970	3,9	2000	-1,9	1986	5,8
2	Казань	3,2	1951	-3,2	1961	6,4	1961	3,1	2001	-2,0	1982	5,1
3	Саратов	2,7	1951	-3,6	1979	6,3	1983	2,3	1983	-2,4	1987,2006	4,7
4	Астрахань	2,5	1951	-3,8	1963	6,3	1963	3,5	2012	-2,7	2011	6,2
5	Ростов	2,7	1950	-2,3	1977	5,8	1977	2,3	1999	-3,1	1987	5,4
6	Гурьев	3,2	1951	-2,9	1954,1965	6,1	1965	4,3	2012	-3,7	2007	8,0
7	Оренбург	3,4	1951	-3,0	1964	6,4	1964	3,5	2012	-2,8	1985	6,3
		<i>Май 1900-1979 гг.</i>										
		max	год	min	год	A	max	год	min	год	A	
1	Москва	4,0	1963,1970	-4,4	1976	8,4	1976	3,8	1983	-3,3	1980	7,1
2	Казань	4,2	1906	-4,5	1937	8,7	1937	3,0	1984	-2,3	2000	5,3
3	Саратов	4,1	1906	-5,8	1945	9,9	1945	3,4	1984	-2,3	2000	5,7
4	Астрахань	3,6	1957	-4,4	1928	8,0	1928	3,3	2012	-3,6	1989	6,9
5	Ростов	4,0	1979	-4,5	1919	8,5	1919	2,7	2013	-3,8	1992	6,5
6	Гурьев	4,1	1957	-4,3	1964	8,4	1964	3,0	1984	-5,1	2000	8,1
7	Оренбург	4,0	1957	-5,8	1945	9,8	1945	3,3	2010	-3,7	2000	7,0
		<i>Июнь 1900-1979 гг.</i>										
		max	год	min	год	A	max	год	min	год	A	
1	Москва	3,4	1999	-4,1	1942	7,5	1942	3,4	1998	-3,3	1993	6,7
2	Казань	4,0	1921	-6,7	1978	10,7	1978	3,4	1989	-3,1	1994	6,5
3	Саратов	3,5	1912	-4,4	1978	8,9	1978	4,0	1997	-3,1	1993	7,1
4	Астрахань	2,9	1948	-6,4	1933	9,3	1933	3,3	1998	-3,3	1992	6,6
5	Ростов	3,7	1975	-4,7	1919	8,4	1919	3,6	1981	-2,6	2000	6,2
6	Гурьев	4,2	1975	-3,8	1919	8,0	1919	3,8	2010	-2,5	1993	6,3
7	Оренбург	3,5	1921	-4,6	1935	8,1	1935	4,5	2010	-2,2	1994	6,7

№	Станция	Июль 1900-1979 гг.				Июль 1980-2015 гг.					
		max	год	min	год	A	max	год	min	год	A
1	Москва	4,2	1972	-3,5	1935	7,7	6,5	2010	-2,3	1993	8,8
2	Казань	3,5	1931	-4,7	1973	8,2	5,2	2010	-2,2	1994	7,4
3	Саратов	2,9	1931	-3,6	1925	6,5	4,4	2010	-2,5	1990	6,9
4	Астрахань	2,7	1931	-5,6	1976	8,3	3,0	2010	-6,7	1992	9,7
5	Ростов	3,7	1938	-3,8	1927	7,5	3,4	2001,2002	-3,1	1992	6,5
6	Гурьев	2,8	1980	-7,4	1932	10,2	3,4	1988	-1,3	1993	4,7
7	Оренбург	3,6	1931	-4,4	1946	8,0	3,5	1984	-3,5	1994	7,0
		<i>Август 1900-1979 гг.</i>				<i>Август 1980-2015 гг.</i>					
1	Москва	max	год	min	год	A	max	год	min	год	A
2	Казань	4,9	1938	-3,6	1918	8,5	3,6	2010	-2,6	1980	6,2
3	Саратов	4,3	1973	-3,8	1950	8,1	3,4	2010	-3,2	1984	6,4
4	Астрахань	4,2	1972	-5,2	1976	9,4	4,4	2010	-4,2	1990	8,6
5	Ростов	3,0	1940	-7,5	1975	10,5	4,1	2014	-3,7	1987	7,8
6	Гурьев	3,3	1920	-4,2	1960	7,5	4,4	2010	-2,7	1984	7,1
7	Оренбург	3,8	1976	-7,8	1928	11,6	3,8	2007,2014	-2,6	1990	6,4
		3,1	1940	-4,0	1914	7,1	3,8	2007,2012	-3,0	1990	6,8
		<i>Сентябрь 1949-1979 гг.</i>				<i>Сентябрь 1980-2015 гг.</i>					
1	Москва	max	год	min	год	A	max	год	min	год	A
2	Казань	3,3	1955	-2,0	1976	5,3	2,8	2001,2005	-4,1	2013	6,9
3	Саратов	3,5	1957	-3,8	1973	7,3	3,5	2015	-3,5	1993	7,0
4	Астрахань	3,6	1957	-4,6	1973	8,2	3,0	2015	-3,3	1985	6,3
5	Ростов	2,2	1968	-2,9	1961	5,1	3,1	2005,2015	-2,3	2013	5,4
6	Гурьев	2,3	1955	-3,5	1956	5,8	4,6	2015	-3,3	1985	7,9
7	Оренбург	3,1	1971	-5,0	1961	8,1	2,7	2010	-2,0	1992	4,7
		4,1	1971	-5,1	1973	9,2	2,9	2004	-2,6	1987,1993	5,5

в основном величина S_i за весь период 1900–2015 гг. не превышала значений 3,3–3,8, т. е. интенсивность засух была примерно одинаковой. Перекрытие максимальной величины S_i (по сравнению с данными базы данных до 1979 г.) произошло в Москве (1999 г.), Оренбурге (2000, 2010 гг.), Астрахани (1998 г.).

Абсолютные минимальные значения S_i изменялись от -3,8 (Гурьев 1919 г.) до -6,7 (Казань 1978 г.). Хочется обратить внимание на 1978 г., когда S_i в Саратове -4,4, Казани – -6,7; и на 1919 г., когда S_i в Ростове-на-Дону -4,7, а в Гурьеве -3,8. Все абсолютные минимумы были зафиксированы до 1980 года.

Амплитуды S_i были в пределах от 7,5 (Москва) до 10,7 (Казань).

Июль. Максимальные значения параметра S_i составляют от 3,0 (Астрахань 2010 г.) до 6,5 (Москва 2010 г.). Во время экстремальной засухи 2010 г. абсолютные максимумы зафиксированы также в Казани (5,2) и Саратове (4,4). В Гурьеве абсолютный максимум вырос с 2,8 (1982 г.) до 3,4 (1988 г.). Не произошло изменений в сторону роста в значениях этого параметра за 1980–2015 гг. в Ростове-на-Дону и Оренбурге.

Абсолютный минимум после 1979 г. был перекрыт только в Астрахани (в 1976 г. -5,6, а в 1992 г. -6,7). На остальных станциях абсолютный минимум сохранил свои значения: -3,6 (Саратов 1925 г.), -3,8 (Ростов-на-Дону 1927 г.), -4,4 (Астрахань 1946 г.) и -4,7 (Казань 1973 г.). Заметим, что в большинстве исследуемых пунктов абсолютные максимумы S_i отмечены после 1980 г., а минимумы – до 1980 года.

Амплитуды S_i были в пределах от 7,5 (Ростов-на-Дону) до 10,8 (Гурьев).

Август – последний месяц летних засух. Тенденции увеличения (уменьшения) максимальных величин S_i в июле и августе в исследуемом районе противоположны. Так, на станциях, расположенных к северу от Саратова, отмечалось понижение максимальных значений в августе относительно июля. К югу от Саратова наблюдалась обратная картина – изменения в сторону роста величины параметра S_i : Астрахань 3,0 (июль) и 4,1 (август), Ростов-на-Дону 3,7 и 4,4 соответственно, Гурьев 3,4 и 3,8, Оренбург 3,6 и 3,8. Отметим и другие особенности этого месяца. На четырех станциях

произошло перекрытие абсолютных максимальных значений: Саратов с 4,2 (1972 г.) на 4,4 (2010 г.), Ростов-на-Дону с 3,3 (1920 г.) на 4,4 (2010 г.), Астрахань с 3,0 (1940 г.) на 4,1 (2014 г.), Оренбург с 3,1 (1940 г.) на 3,8 (2007 и 2012 гг.). В Гурьеве значения 3,8 отмечались трижды – в 1976, 2007 и 2014 гг. В большинстве пунктов абсолютные максимумы индекса Si зафиксированы за последние несколько лет.

Абсолютные минимальные величины Si на всех станциях оставались без изменений после 1980 года.

Самые большие амплитуды оказались в Астрахани и Гурьеве – по 11,6, а наименьшие в Оренбурге – 7,8.

Сентябрь. Сравним абсолютные максимальные значения Si августа и сентября. Абсолютный максимум Si в Москве, Казани, Саратове, Астрахани и Гурьеве отмечался до 1980 года. В Ростове-на-Дону и Оренбурге произошло перекрытие абсолютных максимумов после 1980 г., соответственно, с 4,4 на 4,6 и с 3,8 на 4,1.

Рассмотрим изменения абсолютных минимальных значений индекса Si . Абсолютный минимум Si достигнут в 1973 г. одновременно на станциях Казань (-3,8), Саратов (-4,6), Оренбург (-5,1). В сентябре минимальное значение в Москве -4,1 (2013 г.), Астрахани -2,9 (1961 г.).

В целом за исследуемый период в 29 случаях из 84 (табл. 3) экстремальные значения Si изменились после 1979 г. При сравнении экстремальных значений индекса Si до 1980 года и позже можно отметить следующие тенденции. Усиление засушливости в отдельных районах в апреле и июне. Заметное усиление засушливости в июле в северных районах исследуемой территории, в августе – в южных районах.

В мае и сентябре максимумы индекса Si не перекрыты. Абсолютные минимумы Si зафиксированы преимущественно до 1980 г., что говорит об уменьшении числа случаев сочетания избыточных осадков и низких температур в теплое полугодие в последние 26 лет. При этом при сравнении данных до 1980 г. и после него можно заключить, что наибольшие колебания величины параметра Si на отдельно взятых станциях в основном относятся к 1900–1979 годам.

Для наглядного примера приведем рис. 1 с ходом максимальных и минимальных значений индекса S_i по двум станциям (Астрахань и Оренбург) до 1980 г. и после него.

На рис. 1 а, б нанесены кривые абсолютных максимальных и минимальных значений S_i для Астрахани. По рис. 1 а видно, что более засушливыми были годы после 1980 г., исключение составляет только май, когда индекс S_i имел приблизительно одинаковые значения. То же самое можно сказать и про избыточное увлажнение (рис. 1 б), где исключение представляет август. Кроме того, заметим, что пики кривых в летние месяцы имеют зеркальное отображение.

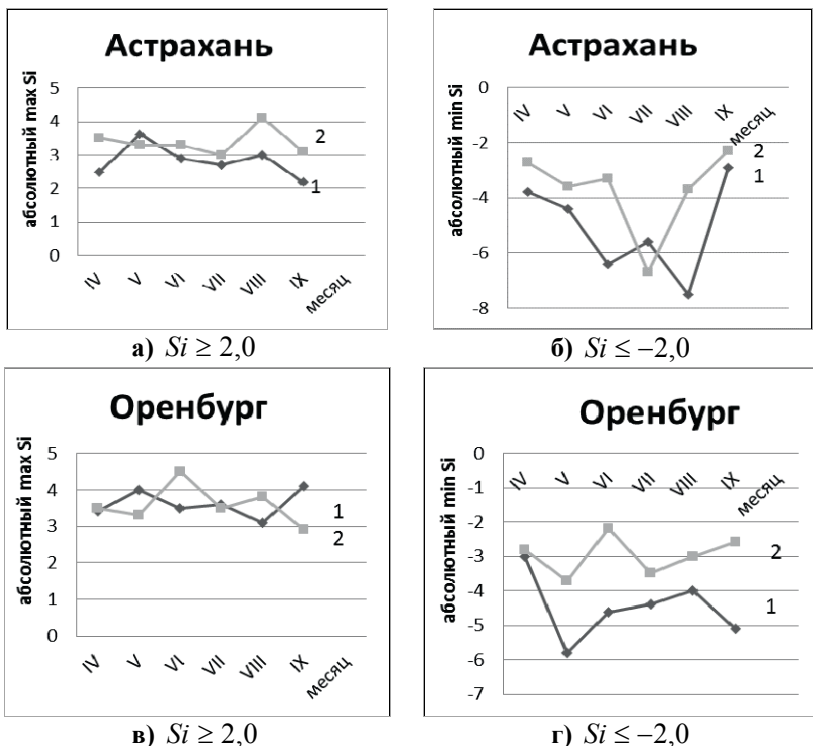


Рис. 1. Максимальные и минимальные значения S_i для Астрахани и Оренбурга за периоды 1900–1979 и 1980–2015 гг.: 1 – 1900–1979 гг.; 2 – 1980–2015 гг.

На рис. 1 в, г представлен ход аналогичных кривых для Оренбурга. По рис. 1 в видно, что абсолютные максимумы S_i в июне и августе после 1980 г. перекрывают аналогичные величины, зафиксированные до 1980 г., в мае происходит с точностью наоборот, в июле они практически равны. По апрелю и сентябрю однозначных выводов сделать нельзя из-за неравного исходного ряда данных. Рис. 1 г показывает существенное преобладание избыточного увлажнения после 1980 года.

Рис. 2 построен по данным табл. 4 и демонстрирует распределение числа случаев с $S_i \geq 1,5$ и с $S_i \leq -1,5$ за весь рассматриваемый период времени. Поскольку для апреля и сентября значения S_i рассчитаны за период 1949–2015 гг., на рисунке приведена повторяемость месяцев с засушливостью и увлажненностью. На рис. 2 а–з представлен ход повторяемости обоих параметров по отдельным станциям.

Таблица 4

Сумма числа случаев с засушливостью $1,5 \leq S_i \leq 2$ и засухой $S_i \geq 2,0$, увлажнением $-2 \leq S_i \leq -1,5$ и избыточным увлажнением $S_i \leq -2,0$

№	Станция	$1,5 \leq S_i \leq 2$	$S_i \geq 2,0$	Σ	$-2 \leq S_i \leq -1,5$	$S_i \leq -2,0$	Σ
<i>АПРЕЛЬ 1949-2015 гг.</i>							
1	Москва	7	12	19	2	1	3
2	Казань	8	11	19	0	4	4
3	Саратов	3	6	9	8	9	17
4	Астрахань	6	7	13	1	7	8
5	Ростов	5	8	13	2	7	9
6	Гурьев	4	9	13	4	7	11
7	Оренбург	8	10	18	5	8	13
	Σ	41	63	104	22	43	65
<i>МАЙ 1900-2015 гг.</i>							
1	Москва	17	14	31	10	14	24
2	Казань	9	18	27	8	7	15
3	Саратов	17	14	31	7	9	16
4	Астрахань	5	14	19	5	14	19
5	Ростов	10	16	26	5	12	17
6	Гурьев	9	22	31	10	12	22
7	Оренбург	11	23	34	8	11	19
	Σ	78	121	199	53	79	132

Продолжение таблицы 4

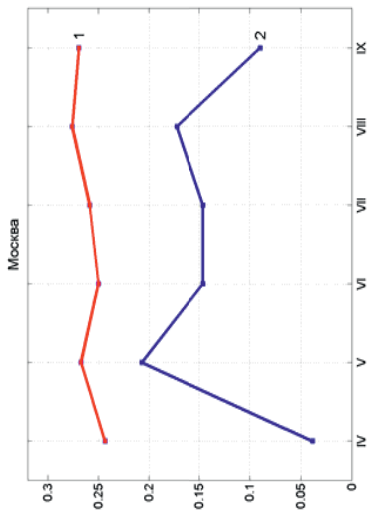
№	Станция	$1,5 \leq S_i \leq 2$	$S_i \geq 2,0$	Σ	$-2 \leq S_i \leq -1,5$	$S_i \leq -2,0$	Σ
<i>ИЮНЬ 1900-2015 гг.</i>							
1	Москва	10	19	29	8	9	17
2	Казань	14	19	33	2	16	18
3	Саратов	12	20	32	6	12	18
4	Астрахань	13	14	27	9	7	16
5	Ростов	8	23	31	4	11	15
6	Гурьев	3	28	31	2	12	14
7	Оренбург	9	21	30	9	7	16
	Σ	69	144	213	40	74	114
<i>ИЮЛЬ 1900-2015 гг.</i>							
1	Москва	11	19	30	6	11	17
2	Казань	11	16	27	4	14	18
3	Саратов	14	19	33	9	10	19
4	Астрахань	9	7	16	4	9	13
5	Ростов	6	20	26	5	12	17
6	Гурьев	15	13	28	6	4	10
7	Оренбург	9	19	28	4	13	17
	Σ	75	113	188	38	73	111
<i>АВГУСТ 1900-2015 гг.</i>							
1	Москва	11	21	32	8	12	20
2	Казань	6	18	24	5	13	18
3	Саратов	8	15	23	3	13	16
4	Астрахань	9	18	27	4	11	15
5	Ростов	14	15	29	5	14	19
6	Гурьев	7	23	30	5	6	11
7	Оренбург	8	21	29	8	11	19
	Σ	63	131	194	38	80	118
<i>СЕНТЯБРЬ 1949-2015 гг.</i>							
1	Москва	11	10	21	3	4	7
2	Казань	10	11	21	2	8	10
3	Саратов	4	12	16	6	9	15
4	Астрахань	6	7	13	7	3	10
5	Ростов	10	8	18	3	8	11
6	Гурьев	6	6	12	1	5	6
7	Оренбург	7	10	17	1	7	8
	Σ	54	64	118	23	44	67

Во всех месяцах и по всем станциям (за исключением апреля для станции Саратов) повторяемость засушливости ($Si \geq 1,5$) превышает повторяемость увлажненности ($Si \leq -1,5$).

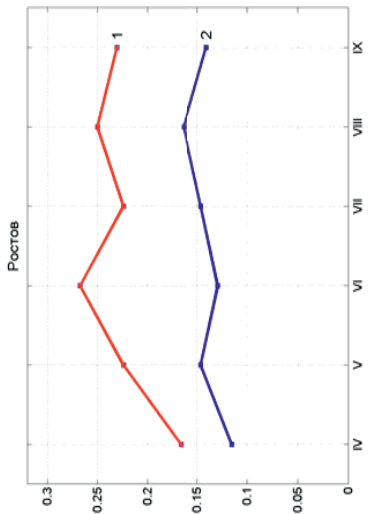
Также видно, что конфигурация кривых данных параметров для Москвы (рис. 2 а) и Оренбурга (рис. 2 в) практически совпадает во всех месяцах, они имеют по два пика – май и август. К ним можно отнести и Ростов-на-Дону (рис. 2 б), где исключение составил только июнь, когда наблюдался пик засушливости, а кривая увлажненности пошла вниз, второй пик обоих параметров также наблюдался в августе. Для станций, расположенных вдоль Волги, кривые засушливости и увлажненности имеют разную конфигурацию. В Саратове (рис. 2 г), Астрахани (рис. 2 е) и Гурьеве (рис. 2 ж) в летние месяцы число случаев засушливости значительно превышает число случаев увлажненности. На рис. 2 з показано распределение числа случаев с засушливостью $Si \geq 1,5$ и увлажненностью $Si \leq -1,5$ в целом для всех изучаемых станций. Здесь конфигурация кривых примерно одинаковая, но число случаев засушливости почти в 2 раза превышает число случаев увлажненности.

Было рассчитано суммарное по всем станциям число случаев данных явлений за теплое полугодие по десятилетиям. Выяснилось, что почти во всех десятилетиях число случаев с $Si \geq 1,5$ превышает число случаев с $Si \leq -1,5$.

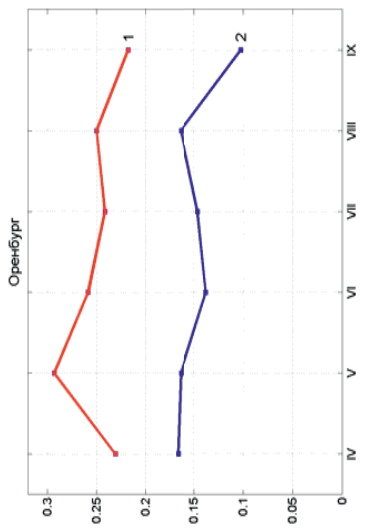
На рис. 3 наглядно представлено распределение числа случаев по десятилетиям обоих параметров в целом для всех изучаемых станций. Близкими по числу случаев засушливости и увлажненности оказались первое десятилетие (1900–1910 гг.), третье (1921–1930 гг.) и пятое (1941–1950 гг.), где наблюдалось, соответственно, 54 случая засушливости и 45 увлажненности, 60 и 59, 50 и 53. Второе (1911–1920 гг.) и четвертое (1931–1940 гг.) десятилетия имеют зеркальное отражение числа данных параметров. Во втором десятилетии сумма случаев увлажненности (71) превышала сумму случаев засушливости (33), а в четвертом, наоборот, эти значения были 40 и 71. Начиная с шестого десятилетия засушливость явно преобладала над увлажненностью. При этом пик засушливости пришелся на 11-е десятилетие (2001–2010 гг., 166 случаев), а пик увлажненности – на восьмое (1971–1980 гг., 71 случай).



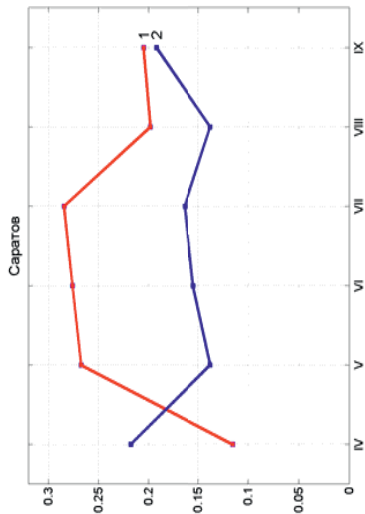
а)



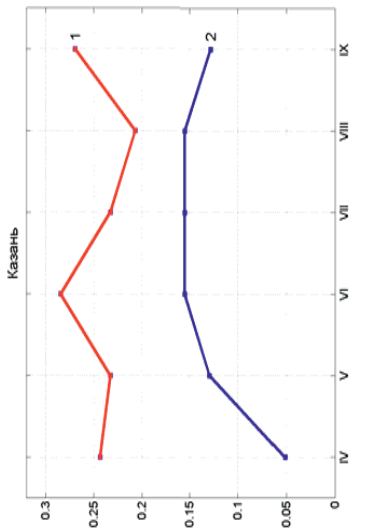
б)



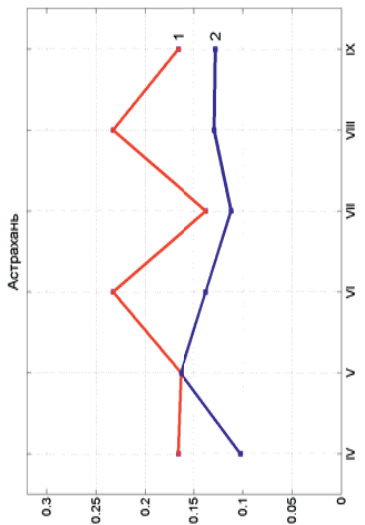
в)



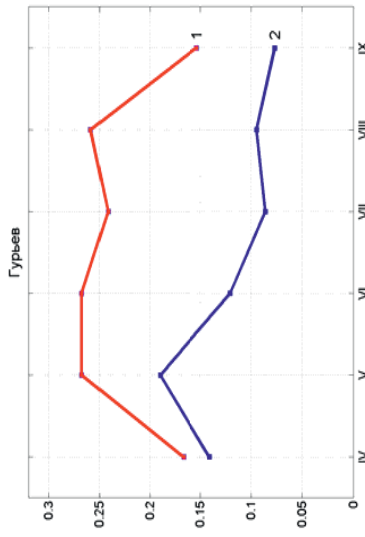
г)



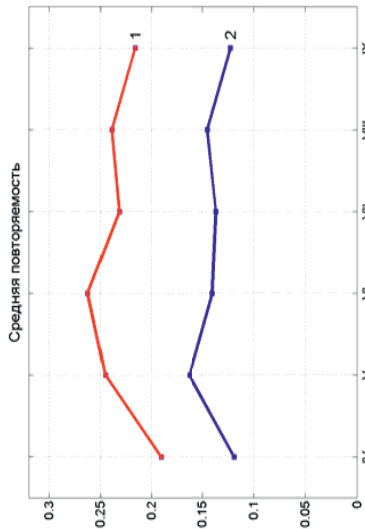
д)



е)



ж)



з)

Рис. 2. Распределение по месяцам повторяемости значений $Si \geq 1,5(1)$ и $Si \leq -1,5(2)$.

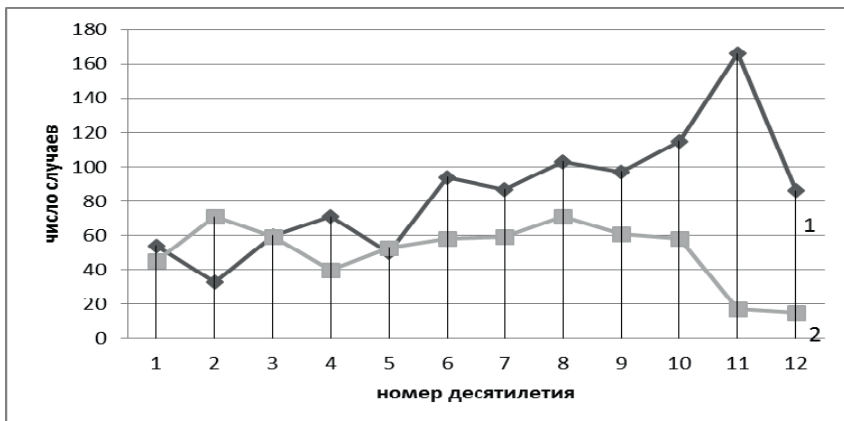


Рис. 3. Распределение числа месяцев теплого полугодия с $S_i \geq 1,5$ (1) и $S_i \leq -1,5$ (2) по отдельным десятилетиям.

Следует отметить, что параметр рассчитывался исходя их норм 1961–1990 гг. Увеличение повторяемости засушливых месяцев и уменьшение повторяемости месяцев с избыточным увлажнением в теплое полугодие начиная с 90-х гг. XX века связано прежде всего с ростом средней температуры воздуха в исследуемом районе.

Очень важный вопрос, интересующий специалистов, – через какой период лет наступает явление и как часто оно повторяется. Сравнение данных по засушливости $S_i \geq 1,5$ и увлажненности $S_i \leq -1,5$ показало, что общая сумма случаев по каждому месяцу в отдельности подтверждает ранее полученный вывод о более частом повторении засушливости над увлажненностью приблизительно в 2 раза. Так, в апреле число случаев с засушливостью составило 97, а с увлажненностью только 58. Эти величины были, соответственно, в мае 191 и 125, в июне 206 и 107, в июле 181 и 104, в августе 187 и 111, в сентябре 112 и 60.

Вторая особенность состоит в том, что периоды между явлениями короче для засушливости и составляют 13–14 лет. Только в одном случае отсутствие значений $S_i \geq 1,5$ отмечалось в течение 27 лет (1904–1932 гг. в Астрахани).

Периоды отсутствия увлаженности $Si \leq -1,5$ оказались более продолжительными. К таким случаям относятся: Астрахань 28 лет (апрель 1979–2006 гг.), Оренбург 27 лет (май 1965–1991 гг.), Гурьев 26 лет (июнь 1938–1964 и 1967–1992 гг.), Казань 21 год (июль 1995–2015 гг.). Особо выделяется август и сентябрь, когда периоды отсутствия увлаженности были наиболее длительными. Так, перерыв наличия этого явления наблюдался в августе 32 года (1924–1955 гг., Москва) и 27 лет (1942–1968 гг., Гурьев), а в сентябре 27 лет (1986–2012 гг., Астрахань).

Проведенная работа подтверждает важность исследования атмосферной засушливости и увлаженности, а также необходимость постоянного пополнения специализированной базы данных параметра Si и уточнения его климатических характеристик, а также расширения территории исследований, так как полученные данные активно используются специалистами подразделений Гидрометцентра России и многих отраслей народного хозяйства.

Список использованных источников

1. *Козельцева В.Ф., Педь Д.А.* Данные об атмосферной засушливости (Si) по западной части территории СССР (май – август 1900–1979 гг.). – М; Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1985. – 53 с.
2. *Козельцева В.Ф., Алешина А.М., Кузнецова Н.Н.* Развитие метода определения вероятности засушливости и увлаженности атмосферы на Европейской территории России и юго-западе Сибири // Труды Гидрометцентра России. – 2015. – Вып. 357. – С. 113–124.
3. *Марчук Г.И.* Молодым о науке. – М.: Молодая Гвардия, 1980. – 301 с.
4. *Тищенко В.А., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н.* Повторяемость засушливых периодов в Москве в теплое полугодие // Труды Гидрометцентра России. – 2016. – Вып. 359. – С. 161–177.

Поступила в редакцию 25.01.2017 г.