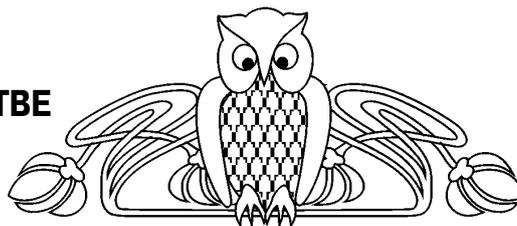




УДК 633.1:551.58

КЛИМАТИЧЕСКИЕ РИСКИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ И НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ



С. И. Пряхина, Е. И. Гужова, М. М. Смирнова

Саратовский государственный университет,
кафедра метеорологии и климатологии
E-mail: kafmeteo@sgu.ru

В данной статье по срочным ежедневным данным за тридцатилетний период рассчитаны все известные в литературе критерии засушливости. Но ни один из них не отражает степень очень сильной засухи, когда гибнет более 70 % урожая. Авторами впервые введен физиологический коэффициент засушливости.

Ключевые слова: климатический риск, критерии засушливости, засуха, урожай, степные районы, атмосферные осадки, предиктор, дефицит влажности.

Climatic Risk in Agricultural Production and Some Ways Their Overcome

S. I. Pryakhina, E. I. Gugova, M. M. Smirnova

This article touches upon daily urgent factfiles during the 30-year period. The author of the article calculates all famous in literature criteria of drought. But no one of them reflects a degree of a strong drought when more than 70% of crop dies. The author introduces first the physiological coefficient of drought.

Key words: drought, crop, climatic risk, criteria of aridity, steppe areas, precipitation, predictor, deficiency of humidity.

Опасные гидрометеорологические явления влекут за собой человеческие жертвы и наносят значительный ущерб экономике и имуществу граждан.

Вне зависимости от почвенно-климатических условий даже самые развитые промышленные страны вкладывают очень большие средства в развитие отечественного сельского хозяйства.

С потеплением климата обычным явлением для многих регионов России и государств СНГ стали засухи. Засуха – это длительный бездождный период, сопровождаемый снижением относительной влажности воздуха, влажности почвы и повышением температуры, когда не обеспечи-

ваются нормальные потребности растений в воде.

Кризис в сельском хозяйстве и спад его производства сразу наносят тяжелый удар по всей экономике. Гибнет не только урожай, но и очень ценные сорта зерновых культур.

Благодаря своему географическому положению и климатическим условиям Саратовская область является одним из основных производителей в России высококачественного зерна, в частности сортов сильных и твердых пшениц. В связи с тем что регион расположен в зоне рискованного земледелия и недостаточного увлажнения, сельскохозяйственное производство испытывает большие трудности в получении высоких и устойчивых урожаев [1]. Поэтому для работников сельского хозяйства Саратовской области нет более важной проблемы, чем преодоление засухи. Угроза засухи так часто зависит над степными районами, что она, естественно, должна привлекать самое серьезное внимание исследователей.

По данным НИИСХ Юго-Востока за период (с 1981 по 2010 гг.) были рассчитаны средние многолетние месячные и годовые суммы осадков. Сравнивая их с нормами, взятыми из справочников, видно, что за последние 30 лет количество осадков увеличилось на 30 мм (табл. 1) [2, 3]. Увеличение осадков отмечается в осенне-зимний период, поэтому создаются более благоприятные условия для зимующих культур. Уменьшение осадков в апреле и мае приводит к увеличению суховейных явлений в данные месяцы, что негативно сказывается на сельском хозяйстве (рис. 1).

Е. К. Зоидзе предложил для оценки интенсивности атмосферных засух использовать несколько показателей (табл. 2): гидротермический коэффициент Селянинова, показатель увлажнения Шашко, показатель влагообеспеченности Процера, число дней за *i*-декаду с относительной влажностью воздуха $\leq 30\%$ и число дней за *i*-декаду с максимальной температурой воздуха $> 30^\circ\text{C}$. При

Таблица 1

Месячные и годовые нормы осадков, мм

Источник данных	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	теп	хол	год
Справочник по климату [2]	27	23	24	25	39	41	43	38	34	38	31	27	258	132	390
Научно-прикладной справочник по климату [3]	32	26	28	29	43	45	51	44	39	41	37	36	292	159	451
Данные за 1981–2010 гг. (Саратов – оп. поле)	42,4	34,5	32,4	33,3	36,8	50,6	48,3	33,1	48,4	34,9	46,5	41,5	288,5	193,7	482,2

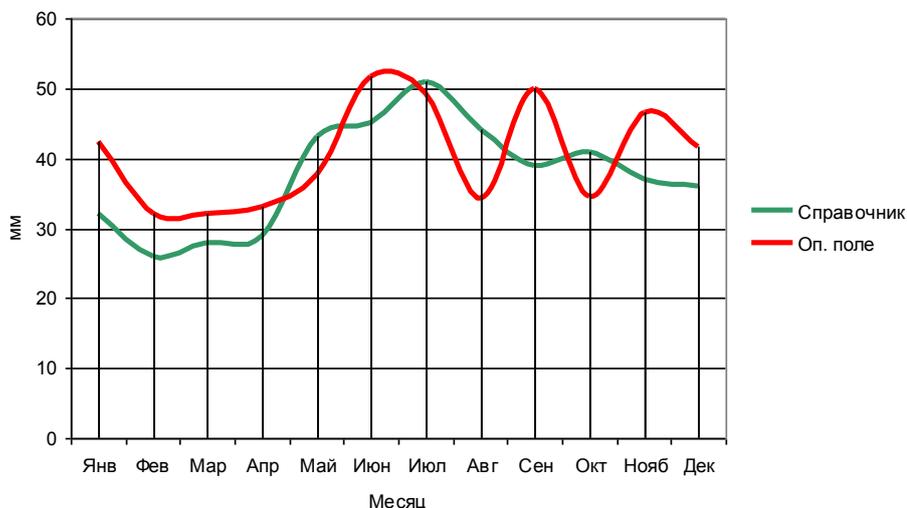


Рис. 1. Сравнение значений норм осадков по справочнику и по данным Саратов, оп. поле

Таблица 2

Показатели оценки засух [4]

Номер показателя	Показатель оценки засух	Класс засух по интенсивности				
		очень сильная засуха (класс 1-й)	сильная засуха (класс 2-й)	средняя засуха (класс 3-й)	слабая засуха (класс 4-й)	отсутствие засухи (класс 5-й)
1	Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК)	$\leq 0,19$	0,20–0,39	0,40–0,60	0,61–0,75	$\geq 0,76$
2	Показатель увлажнения (КУ) Шашко	$\leq 0,09$	0,10–0,19	0,20–0,30	0,31–0,40	$\geq 0,41$
3	Показатель влагообеспеченности Процерова (V , %)	0–40	41–50	51–60	61–70	$71 \leq V \leq 100$
4	Число дней за i -ю декаду с относительной влажностью воздуха $< 30\%$ (N_0)	8–11	6–7	3–5	1–2	0
5	Число дней за i -ю декаду с максимальной температурой воздуха $> 30^\circ\text{C}$ (N_T)	8–11	6–7	3–5	1–2	0

этом рассматривались 4 категории интенсивности атмосферных засух: очень сильная, сильная, средняя, слабая, а также вариант отсутствия засухи [4].

Весьма обобщенным критерием этих видов засухи считается уровень снижения урожайности. Так, слабые засухи характеризуются снижением урожайности на 10–15%, средние – на 25%, сильные – на 50%, очень сильные – более чем на 50% от среднего многолетнего значения.

ГТК Селянинова. Весьма удобным показателем для оценки атмосферных засух за многолетний период на больших территориях является гидротермический коэффициент (ГТК Селянинова), представляющий собой относитель-

ный показатель увлажненности территории. Он определяется отношением суммы осадков (R) в мм, за период со средней суточной температурой воздуха выше 10°C , к сумме средних суточных температур (ΣT) за этот же период, уменьшенной в 10 раз (что весьма близко характеризует испаряемость): $\text{ГТК} = \Sigma R / 0,1 \Sigma T$.

Расчет ГТК с 1981 по 2010 г. показал, что за рассматриваемый период в 47% лет (14 лет) засуха отсутствовала, в 17% (5 лет) и 27% (8 лет) – наблюдались слабые и средние засухи соответственно. Сильные засухи были отмечены в 1988, 1998 и 2010 гг., что составляет 10% от рассматриваемого периода (табл. 3).

Таблица 3

Расчет ГТК Селянинова за период май–июль

Год	Температура, $^\circ\text{C}$, Σ	Осадки, мм, Σ	ГТК	Интенсивность засухи
1981	1837,1	84,9	0,46	Средняя
1982	1591,1	137,7	0,87	Нет засухи
1983	1645,1	134,7	0,82	Нет засухи



Окончание табл. 3

Год	Температура, °С, Σ	Осадки, мм, Σ	ГТК	Интенсивность засухи
1984	1951,8	127	0,65	Слабая
1985	1706,9	193,8	1,14	Нет засухи
1986	1695,5	94,5	0,56	Средняя
1987	1833,9	149,6	0,82	Нет засухи
1988	1865,7	71,2	0,38	Сильная
1989	1753,1	236,9	1,35	Нет засухи
1990	1542,4	207,1	1,34	Нет засухи
1991	1901,8	77,4	0,41	Средняя
1992	1626,6	102,7	0,63	Слабая
1993	1673,4	189,6	1,13	Нет засухи
1994	1689,3	191,7	1,13	Нет засухи
1995	1939,3	75,3	0,39	Сильная
1996	2024,0	113,9	0,56	Средняя
1997	1748,8	186,4	1,07	Нет засухи
1998	1961,2	44,7	0,23	Сильная
1999	1763,4	85,6	0,49	Средняя
2000	1521,7	243,1	1,6	Нет засухи
2001	1789,2	154,3	0,86	Нет засухи
2002	1749,7	72,1	0,41	Средняя
2003	1658,4	192,4	1,16	Нет засухи
2004	1685,8	163,1	0,97	Нет засухи
2005	1803,6	119,7	0,66	Слабая
2006	1737,3	106,4	0,61	Слабая
2007	1802,0	134,2	0,74	Слабая
2008	1705,6	165,4	0,97	Нет засухи
2009	1860,6	111,8	0,6	Средняя
2010	1889,9	72,3	0,38	Сильная

КУ Шашко. Показатель годового увлажнения Д. И. Шашко равен отношению суммарного годового количества осадков к годовой сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха. В соответствии с предложенным Д. И. Шашко агроклиматическим районированием на основе показателя годового увлажнения (КУ) Саратовская область в большей степени расположена в зоне недостаточного и незначительного увлажнения.

На территории Саратовской области можно выделить следующие зоны увлажнения [5]:

1. Полувлажная зона с $KU \geq 0,41$ (отсутствие засухи). Годовая сумма осадков составляет 454–505 мм, а годовая испаряемость в среднем равна 650 мм. Данная зона является наиболее влагообеспеченной по области.

2. Полузасушливая зона с $KU = 0,40–0,31$ (слабая засуха). Это зона пониженной влажности. Годовая сумма осадков колеблется в пределах 429–485 мм. Дефицит влажности воздуха в среднем равен 1700 гПа.

3. Засушливая зона с $KU = 0,30–0,20$ (средняя засуха). К ней относятся юго-восточные районы Правобережья, примыкающие к Волге (Саратов). Сумма осадков в засушливой степи составляет 445–451 мм в год, а годовая испаряемость намного больше осадков 874–936 мм.

4. Очень засушливая зона с $KU = 0,19–0,10$ (сильная засуха). К ней относится большая часть Левобережья, это зона степи с преобладанием темно-каштановых почв. Годовая сумма осадков изменяется от 327 до 382 мм. Годовая испаряемость превышает осадки в 2,5 раза.

5. Полусухая (полупустынная) зона с $KU \leq 0,09$ (очень сильная засуха). Эта зона занимает Новоузенский и Алгайский районы на крайнем юго-востоке области. Годовая испаряемость территории более чем в 3 раза превышает годовое количество осадков.

Расчет показателя годового увлажнения по станции НИИСХ Юго-Востока за двадцатилетний период (1991–2010 гг.) позволяет распределить годы по степеням засухи. Таким образом, силь-



ные засухи наблюдались в 1991, 1998, 1999, 2005, 2009 и 2010 гг., засухи средней степени – в 1992, 1994, 1995, 1996, 1997, 2002, 2004, 2006, 2007 и

2008 гг., засухи слабой интенсивности – в 2000, 2001 и 2003 гг. Засуха не наблюдалась лишь в 1993 году (табл. 4).

Таблица 4

Расчет КУ Шашко (1991–2010 гг.)

Год	Параметр	Сумма за год	КУ	Засуха
1991	ΣP	391,1	0,19	Сильная
	ΣD	2114,8		
1992	ΣP	400,8	0,22	Средняя
	ΣD	1801,8		
1993	ΣP	641,5	0,42	Нет засухи
	ΣD	1529,5		
1994	ΣP	498,5	0,28	Средняя
	ΣD	1776,9		
1995	ΣP	479,4	0,20	Средняя
	ΣD	2356,8		
1996	ΣP	471,6	0,21	Средняя
	ΣD	2275,9		
1997	ΣP	388,5	0,22	Средняя
	ΣD	1797,4		
1998	ΣP	322,7	0,14	Сильная
	ΣD	2315,1		
1999	ΣP	357,2	0,18	Сильная
	ΣD	2020,5		
2000	ΣP	643,6	0,37	Слабая
	ΣD	1759,9		
2001	ΣP	609,0	0,35	Слабая
	ΣD	1731,8		
2002	ΣP	442,4	0,21	Средняя
	ΣD	2080,0		
2003	ΣP	565,9	0,35	Слабая
	ΣD	1604,2		
2004	ΣP	532,4	0,29	Средняя
	ΣD	1850,3		
2005	ΣP	426,1	0,18	Сильная
	ΣD	2345,1		
2006	ΣP	479,1	0,25	Средняя
	ΣD	1911,4		
2007	ΣP	496,7	0,21	Средняя
	ΣD	2362,7		
2008	ΣP	476,0	0,24	Средняя
	ΣD	2002,6		
2009	ΣP	416,6	0,15	Сильная
	ΣD	2709,1		
2010	ΣP	309,0	0,09	Очень сильная
	ΣD	3159,2		



Количество доступной растениям влаги, взятой зерновыми культурами из весенних запасов в корнеобитаемом слое почвы, помимо размеров весеннего увлажнения, в большой степени зависит от метеорологических условий года. В дождливые годы с пониженной температурой воздуха и невысоким напряжением транспирации потребность зерновых культур в

воде удовлетворяется атмосферными осадками, почвенная влага расходуется мало. В засушливые годы, наоборот, растения вынуждены жить за счет резерва воды в почве. Поэтому необходим расчет числа дней за *i*-декаду с относительной влажностью воздуха $\leq 30\%$ (табл. 5) и числа дней за *i*-декаду с максимальной температурой воздуха $>30^\circ\text{C}$ (табл. 6).

Таблица 5

Число дней за декаду с $f \leq 30\%$

Год	Май	Июнь	Июль	Сумма/среднее	Интенсивность
	ср. знач.	ср. знач.	ср. знач.		
1981	7	4	4	15/5	Средняя
1982	4	2	3	9/3	Средняя
1983	1	1	0	2/1	Слабая
1984	10	4	3	17/5	Средняя
1985	6	3	0	9/3	Средняя
1986	5	3	4	12/4	Средняя
1987	3	3	1	7/2	Слабая
1988	6	3	4	13/4	Средняя
1989	1	1	0	2/1	Слабая
1990	3	1	1	5/1	Слабая
1991	4	3	4	11/4	Средняя
1992	4	3	1	8/3	Слабая
1993	6	0	0	6/2	Слабая
1994	3	0	0	3/1	Слабая
1995	3	2	4	9/3	Средняя
1996	6	3	5	14/5	Средняя
1997	2	0	1	3/1	Слабая
1998	7	6	5	18/6	Сильная
1999	4	1	1	6/2	Слабая
2000	2	2	0	4/1	Слабая
2001	2	1	2	5/2	Слабая
2002	7	3	4	14/5	Средняя
2003	5	0	0	5/2	Слабая
2004	2	2	1	5/2	Слабая
2005	2	0	0	2/1	Слабая
2006	3	1	2	6/2	Слабая
2007	6	2	1	9/3	Средняя
2008	4	1	0	5/2	Слабая
2009	4	4	5	13/4	Средняя
2010	4	7	8	19/6	Сильная

Из табл. 5 видно, что сильная засуха наблюдалась в 1998 и 2010 гг., средней интенсивности засуха была отмечена в 1981, 1982, 1984, 1985, 1986, 1988, 1991, 1995, 1996, 2002 и 2009 гг. В остальные годы засуха была слабой интенсивности.

Определение засух за тот же период (1981–2010 гг.) по количеству дней за декаду с темпе-

ратурой выше 30°C показало немного другие результаты:

1981, 1987, 1988, 1991, 1995, 1996, 1998, 2009 и 2010 – годы со средней интенсивностью засухи, 1990, 1994 и 2003 – годы с полным отсутствием засухи, во все остальные годы наблюдалась засуха слабой интенсивности (см. табл. 6).



Таблица 6

Число дней за декаду с $T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$

Год	Май	Июнь	Июль	Сумма/среднее	Интенсивность
	ср. знач.	ср. знач.	ср. знач.		
1981	0	5	8	13/4	Средняя
1982	0	0	2	2/1	Слабая
1983	0	0	2	2/1	Слабая
1984	2	2	4	8/3	Слабая
1985	0	1	0	1/0	Нет засухи
1986	0	3	3	6/2	Слабая
1987	0	6	4	10/3	Средняя
1988	0	3	5	8/3	Средняя
1989	0	2	2	4/1	Слабая
1990	0	0	1	1/0	Нет засухи
1991	0	4	3	7/3	Средняя
1992	0	2	2	4/1	Слабая
1993	0	0	2	2/1	Слабая
1994	0	1	0	1/0	Нет засухи
1995	2	6	3	11/3	Средняя
1996	2	2	4	8/3	Средняя
1997	0	2	2	4/1	Слабая
1998	0	5	7	12/4	Средняя
1999	0	3	5	8/2	Слабая
2000	0	0	4	4/1	Слабая
2001	0	0	6	6/2	Слабая
2002	0	0	7	7/2	Слабая
2003	1	0	0	1/0	Нет засухи
2004	0	2	1	3/1	Слабая
2005	1	0	3	4/1	Слабая
2006	0	3	2	5/2	Слабая
2007	3	3	2	8/3	Слабая
2008	0	1	3	4/1	Слабая
2009	0	4	6	10/3	Средняя
2010	0	6	8	14/5	Сильная

Различные показатели дают разные оценки интенсивности засухи в один и тот же год.

В ходе проделанной работы можно сделать вывод, что ни один из вышеперечисленных критериев не отражает точно степень засух, т. е. метеорологические факторы плохо проводят границу между сильной и очень сильной засухой. Поэтому мы не можем объективно давать оценку засухам. *Современная наука не может описать четкое взаимодействие метеорологических и физиологических показателей.* В качестве примера взят 2010 г. Большинство из перечисленных критериев отнесли засуху 2010 г. по категории к сильной. Хотя урожайность данного года составила менее 20% от среднего многолетнего, по показателю ее необходимо относить к очень сильной засухе. В

годы сильных засух мы предлагаем вводить метод физиологической оценки растений. В качестве предиктора берется гибель растений при высоких значениях температуры. В учебнике растениеводства П. П. Вавилова приведены данные, что при температуре воздуха 35°C устьица листьев просо теряют способность закрываться через 48 ч, тогда как озимая пшеница через 20–25 ч, яровая – через 10–17 ч [6]. Нужно добавить, что большое значение в гибели растений при сильной засухе имеет влагосодержание. По Кабанову, если среднесуточный дефицит воздуха больше 20 гПа, то растения гибнут уже при 30°C (если такая погода держится несколько дней) [7]. Поэтому если температура воздуха в течение трех дней держится выше 30°C и дефицит более 20 гПа, то гибнет яровая пшени-



ца. Если такая погода держится 4 дня и более, то погибает даже просо.

Анализируя данные ежедневного метеорологического материала за июнь, июль, август 2010 г., нами выявлено, что продолжительное число дней с температурой более 30°C и дефицитом более 20 гПа наблюдалось с 23 по 30 июня.

Для озимой пшеницы конец июня в среднем приходится на фазу колошение–цветение. При высоких температурах в период цветения резко снижается жизнеспособность пыльцы, что ухудшает опыление и снижает будущий урожай.

Для яровой пшеницы этот жаркий период приходится на фазу колошение. А при таких условиях погоды наблюдается сильное увядание растений, пожелтение и преждевременное отмирание листьев, а также прекращение ростовых процессов.

Что касается просо, то его жаровыносливость очень высока, но дни с высокой температурой и большим дефицитом влажности в конце июня приходится как раз на фазу кущение – выход в трубку. В этот период наблюдается наибольшая потребность данной культуры во влаге. Поэтому жаркая погода без осадков в данном случае привела к гибели данной культуры [6].

Резкое повышение температуры в ответственные фазы для растений может привести к губительным результатам. И как следствие, уже в конце июня 2010 г., сложившиеся погодные условия привели к снижению урожайности и к гибели культур.

В июле–августе засуха достигла наибольшей силы. Дождей в августе вовсе не было, что создало

исключительно неблагоприятные условия для сева озимых культур.

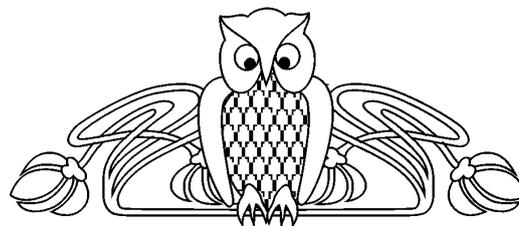
Таким образом, в годы с очень сильной засухой критерии должны быть объективными, а гидрометеорологическая безопасность должна включать точную характеристику каждого явления. В кризисные годы субъектам Российской Федерации, наиболее сильно пострадавшим от засухи, государством выделяются прямые и безвозмездные дотации, выдаются бюджетные кредиты, проводится страхование посевов по интенсивности неблагоприятных явлений.

Библиографический список

1. Пряхина С. И., Скляр Ю. А., Заварзин А. И. Природные ресурсы Нижнего Поволжья и степень их использования зерновыми культурами. Саратов, 2001. 66 с.
2. Справочник по климату СССР : в 4 ч. Ч. 1–4. Вып. 12. Л., 1968.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР : в 6 ч. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Л., 1988. Вып. 12. 647 с.
4. Зоидзе Е. К. Об одном подходе к исследованию неблагоприятных агроклиматических явлений в условиях изменения климата в Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2001. № 1.
5. Шульгин А. М. Агрометеорология и агроклиматология : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Метеорология». Л., 1978. 197 с.
6. Вавилов П. П. Растениеводство. М., 1986. 512 с.
7. Кабанов П. Г. Погода и поле. Саратов, 1975. 240 с.

УДК 551.577.38:633.1:631.559(470.4)

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР



Г. Ф. Иванова, Н. Г. Левицкая¹, О. В. Шаталова¹

Саратовский государственный университет,
Кафедра метеорологии и климатологии

E-mail: kafmeteo@sgu.ru

¹НИИ сельского хозяйства Юго-Востока РАСХН

E-mail: raiser_saratov@mail.ru

Показана повторяемость и динамика вероятности различного типа засух, а также оценка их интенсивности по ГТК за 120-летний период (1891–2010 гг.). Дана агрометеорологическая характеристика наиболее жестоких засух. Приведено снижение урожайности зерновых культур и валовых сборов зерна в Саратовской области в годы с различными типами засух.

Ключевые слова: засуха, тип засухи, повторяемость, интенсивность, осадки, урожайность, валовой сбор зерна.

Influence of Extreme Displays of Climatic Changes on Efficiency of Agricultural Crops

G. F. Ivanova, N. G. Levitskaya, O. V. Shatalova

Repeatability and dynamics of probability of various type of droughts, and also estimation of their intensity on hydrothermal factor for the 120-year-old period (1891–2010rr is shown.). The agrometeorological characteristic of the most severe droughts is given. Decrease in productivity of grain crops and total gathering of grain in the Saratov area in years with various types of droughts is resulted.

Key words: drought, drought type, repeatability, intensity, deposits, productivity, total gathering of grain.