

УДК 631.1/551.582

## ПЕРИОДИЧНОСТЬ И ИНТЕНСИВНОСТЬ АТМОСФЕРНЫХ ЗАСУХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

*Р.Б. Шарипова, кандидат географических наук, старший  
научный сотрудник отдела земледелия Ульяновского НИИСХ -  
филиал СамНЦ РАН,*

*тел.: 89278070005, e-mail: rezedasharipova63@mail.ru*

*Е.В. Кузина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший  
научный сотрудник отдела земледелия Ульяновского НИИСХ -  
филиал СамНЦ РАН,*

*тел.: 89084754010, e-mail: kuzina@autorambler.ru*

**Ключевые слова:** засуха, температура, осадки, гидротермический коэффициент, климат.

Актуальность исследования обусловлена проблемой агрометеорологического мониторинга засухи и состояния сельскохозяйственных культур, поскольку для Ульяновской области весьма высока вероятность сильных и очень сильных засух, вызывающих в ряде случаев, катастрофическое снижение продуктивности сельскохозяйственных культур. В связи с чем исследования в работе направлены на выявление закономерностей формирования засушливых явлений и адаптации характера земледелия к конкретным условиям засушливости с учетом набора сельскохозяйственных культур, специализации сельскохозяйственного производства. Ведущим методом к исследованию проблемы являются методы сравнения, анализа и обобщения исходных данных. Оценки региональных изменений климата составлены с использованием апробированных статистических методов, корреляционного и тренд-анализа, достоверность которых оценивалась с помощью критериев Фишера и Стьюдента, позволяющих комплексно рассмотреть агрометеорологические показатели атмосферных засух и урожайности зерновых культур в изменяющихся условиях регионального климата, а также выдать рекомендации по корректировке технологии их возделывания. Представленные материалы для анализа по изменению климата за 1961-2018 гг. позволили выявить увеличение средней годовой температуры за годы исследований на 2,3°C и повышение осадков на 131 мм и раскрыть повторяемость атмосферной засухи в регионе через каждые три года. Интенсивная устойчивая засуха, вызывающая существенное снижение продуктив-

*ности сельскохозяйственных культур, бывает в среднем один раз в девять лет. Материалы статьи представляют практическую ценность для специалистов сельского хозяйства при составлении рекомендации, справочников и обобщения микроклиматической информации в условиях интенсивной системы земледелия.*

**Введение.** После сильной засухи в южной половине Приволжского Федерального округа в 2009 году и жестокой продолжительной засухи, охватившей обширную территорию всей европейской части России в 2010 году, проблема агрометеорологического мониторинга засухи и состояния сельскохозяйственных культур становится одной из наиболее актуальных в агрометеорологии, поскольку весьма высока вероятность сильных и очень сильных засух, вызывающих в ряде случаев, катастрофическое снижение продуктивности сельскохозяйственных культур. Для Ульяновской области возможную угрозу в этом плане может представить увеличение повторяемости засух – важнейшего природного фактора, влияющего на продуктивность экосистем и производство продовольствия, в последние годы побуждающего существенно корректировать традиционные системы земледелия [1, 2, 3, 4].

Наукой и практикой выработано немало способов борьбы против засушливых явлений. В частности, к таковым можно отнести орошение, снегозадержание, кулисы, лесные полосы, пары и т. д. Однако агротехнические мероприятия решают в основном тактические задачи против борьбы этих явлений, а со стратегической, следовательно с агрономической точки зрения наиболее предпочтительнее адаптация характера земледелия к конкретным условиям засушливости с учетом набора сельскохозяйственных культур, специализации сельскохозяйственного производства и т. д. Для решения этой задачи совершенно необходимо знание закономерностей формирования засушливых явлений – где, когда, в какой форме, с какой интенсивностью и вероятностью они наблюдаются [5, 6, 7, 8, 9, 10].

**Цель исследований.** Провести анализ изменения климатических условий, оценить агрометеорологические показатели атмосферных засух и урожайности зерновых культур в изменяющихся условиях регионального климата, выдать рекомендации по корректировке технологии их возделывания.

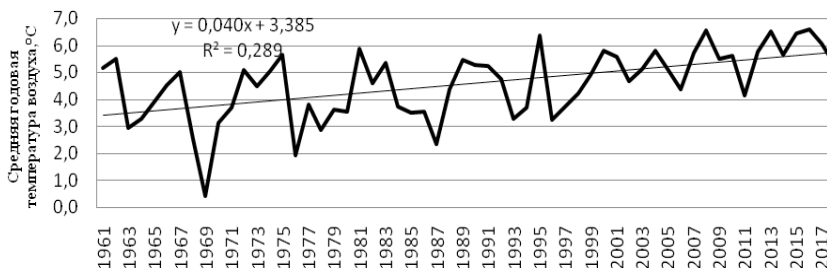
**Материалы и методы.** Материалом для анализа послужили данные по изменению климата за 1961-2018 гг. в Ульяновской области. Сведения о температуре воздуха и атмосферных осадках использова-

лись из архива отдела агрометеорологических прогнозов Ульяновского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В качестве информационной основы использованы статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства региона, а также департамента сельского хозяйства Ульяновской области [11, 12].

Для обработки исходных данных использовались такие методы как сравнение, анализ и обобщение данных. Оценки региональных изменений климата получены с использованием апробированных статистических методов, корреляционного и тренд-анализа. Достоверность результатов оценивалась с помощью критериев Фишера и Стьюдента [13].

Подготовлен подробный обзор и проведен анализ агрометеорологических данных за последние 58 лет (1961-2019 гг.) на территории Ульяновского НИИСХ. Расчеты выполнялись на основании среднемесячных значений температуры воздуха и месячных сумм осадков. Для поставленной задачи рассчитывался так же гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Помимо метеорологических данных для анализа привлекались временные ряды урожайности зерновых культур Ульяновской области УНИИСХ.

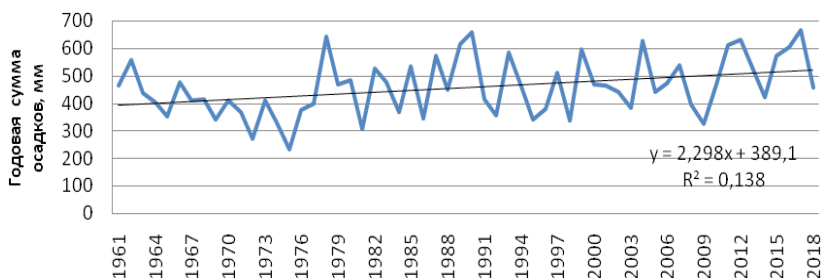
**Результаты и обсуждения.** Климат за последние десятилетия заметно изменился как на глобальном, так и на региональном уровне, при этом в последние десятилетия наблюдается наиболее активная фаза потепления. Благодаря парниковому эффекту средняя глобальная температура воздуха у поверхности Земли повысилась за последнее столетие на  $0,74^{\circ}\text{C}$  [7, 14].



**Рисунок 1 – Динамика средней годовой температуры воздуха за 1961-2018 гг.**

Аналогичная ситуация сложилась и на территории Ульяновской области. Как видно из рис. 1 наклон тренда положительный и величина  $R^2$  показывает, что вклад линейного тренда в общую изменчивость температуры довольно значительный и составляет 0,2896. В пределах района среднегодовая температура воздуха составляет за 1961-2018 гг. – 4,6°С (макс 6,6° – 2008, 2016 гг., мин 0,4° – 1969 г.). Повышение температуры за 1961-2018 гг. составляет 2,3°С.

Учитывая тот факт, что для всех возделываемых культур влага является фактором определяющим размер урожая – по данным анализа на территории региона за год выпадает в среднем 455 мм осадков, из них 241 мм за апрель - октябрь месяцы. Эти те нормативные данные влаги, при которых создаются оптимальные условия для получения высоких урожаев в сочетании с благоприятным температурным режимом. Увеличение количества осадков за период исследований составляет 131 мм (рис.2.)



**Рисунок 2 – Межгодовая изменчивость сумм осадков за период 1961-2018 гг.**

Однако, они неравномерны и во времени и по территории и в отдельные годы варьируют от 224 (1975 г.) до 654 (1990 г.) мм, а так же, за один месяц, как например в июле месяце 1979 года выпадало 175 мм осадков - это 44% годовой нормы, и наоборот, случается, как показал 2010 год, что осадков не выпадает в течение 2-3 месяцев и создаются условия для содействия развития устойчивой засухи (табл. 1).

Как видно из табл. 1, за последние 58 лет на территории области всего наблюдались двадцать один засушливых лет, из них пять с весенней засухой (1977, 2000, 2005, 2008, 2012 гг.), два с весенне-летней

**Таблица 1 – Количественная оценка повторяемости типов засухи в сравнении с агроклиматическими показателями и урожайностью зерновых культур**

Годы	ГТК	Сумма осадков мм		Характер засухи	Урожайность зерновых культур.		Среднесуточная т-ра за май - август
		за год	апрель-август		по области	УНИИСХ	
1961	1,1	462	268		8,8	17,9	18,6
1962	1,9	555	404		11,4	20,6	17,8
1963	1,2	436	259		9,0	19,4	17,0
1964	1,1	402	249		10,2	18,5	16,6
1965	0,9	352	191		10,0	23,5	16,1
1966	1,1	474	282		10,7	20,9	18,7
1967	0,7	408	191	Весен. летняя	12,5	26,3	19,8
1968	1,1	411	237		14,8	30,3	16,7
1969	0,9	341	154		19,0	31,6	13,6
1970	0,9	410	232		16,7	28,6	16,4
1971	1,1	365	207		14,8	25,2	16,0
1972	0,2	268	80	устойчивая	10,3	23,4	19,7
1973	1,1	408	228		24,5	36,3	16,0
1974	1,0	326	238		17,3	36,3	16,5
1975	0,8	231	108,1	устойчивая	10,1	23,3	18,0
1976	1,3	373	257		19,5	43,6	15,8
1977	0,8	398	203	весенняя	13,9	30,9	17,9
1978	1,9	641	365		19,5	39,1	14,9
1979	1,0	465	262		11,8	35,7	16,4
1980	1,2	484	288		15,1	38,1	15,8
1981	0,3	306	86	устойчивая	8,3	17,8	19,2
1982	1,3	525	297		19,9	42,3	16,3
1983	1,5	473	317		19,7	34,6	14,8
1984	1,0	366	225		9,7	24,7	18,5
1985	1,0	531	254		17,1	42,2	17,2
1986	0,7	345	149	весен. летняя	18,3	33,4	16,8
1987	1,2	572	294		17,0	34,1	17,8
1988	0,9	449	279		17,2	33,8	19,0
1989	1,0	614	373		17,5	27,1	17,8
1990	1,7	655	349		21,6	40,3	15,5
1991	0,9	412	285		14,1	29,9	18,1
1992	0,6	356	158	летняя	22,8	35,4	16,0
1993	1,6	582	303		18,1	38,0	16,6

## Продолжение таблицы 1

Годы	ГТК	Сумма осадков мм		Характер засухи	Урожайность зерновых культур.		Среднесуточная т-ра за май - август
		за год	апрель-август		по области	УНИИСХ	
1994	1,1	459	312		19,0	33,4	15,1
1995	0,5	339	140	устойчивая	8,9	15,8	18,7
1996	1,1	379	228		17,1	33,9	18,0
1997	1,1	511	262		18,5	35,4	16,2
1998	0,5	337	153	устойчивая	5,3	10,3	18,4
1999	1,6	595	335		11,6	24,5	16,8
2000	1,4	466	266		14,6	29,0	17,2
2001	0,7	464	178	летн осенняя	17,7	27,4	17,8
2002	0,5	438	162	летняя	17,7	29,0	16,0
2003	1,3	382	243		15,8	27,5	16,9
2004	1,5	624	316		14,9	24,5	18,3
2005	1,0	438	254	весенняя	14,8	27,4	17,8
2006	1,1	471	272		16,3	31,7	17,3
2007	1,2	535	258		17,0	32,5	18,9
2008	1,1	393	183	весенняя	19,9	38,7	17,6
2009	0,8	325	198	летн., осенняя	19,9	40,1	18,0
2010	0,3	468	77	устойчивая	8,5	18,2	21,0
2011	0,9	609	254		24,8	35,3	19,1
2012	1,0	631	346	весенняя	15,0	23,7	20,4
2013	0,9	530	268		20,9	33,3	20,2
2014	0,6	419	180	осенняя	21,4	38,2	18,9
2015	0,7	570	244	весенне-осенняя	17,4	31,1	19,9
2016	0,6	604	211	летняя	24,5	32,1	20,7
2017	1,5	664	376		29,5	35,6	17,8
2018	0,4	455	193	весенне-осенняя	21,3	27,3	19,6
2019	0,9		234	летняя, осенняя	20,2	22,3	19,1
<b>Средн.</b>	<b>0,9</b>	<b>458</b>	<b>240</b>		<b>15,7</b>	<b>31,2</b>	<b>18,5</b>

(1967, 1986 гг.), 1992, 2002, 2016 годы - летней засухой, три (2001, 2009, 2019 гг.) летне-осенней, две с весенне-осенней (2015, 2018 гг.) и шесть (1972, 1975, 1981, 1995, 1998, 2010 гг.) с разной по интенсивности устойчивой засухой. Анализ отобранного промежутка времени пока-

зывает, что через каждые 9 лет наблюдается устойчивая засуха. В эти годы за вегетационный период (апрель-август) выпадает от 80 до 150 мм (из них 60-70 мм в августе) осадков, ГТК колеблется от 0,3 до 0,5-0,8 и соответственно урожайность по области составляет от 5 до 10 ц/га зерновых.

Средняя температура за май-август - фиксируется 17,2°C. В засушливые годы, данное значение колеблется от 18° до 20°C и в 2010 году средняя температура за эти месяцы повышалась до 21°C.

Средняя урожайность зерновых по области составляет 16,1 ц/га. Максимальное количество урожая по области (29,8 ц/га) собрали в 2017 году. Значительная часть осадков выпала осенью и зимой 2016 года, а также насытив почву влагой весной и летом, создавались благоприятные условия для всходов яровых культур и развития озимых растений. Далее ежемесячные осадки в количестве 20-30 мм, поддерживали оптимальные условия для налива зерна, а так же складывались хорошие условия для их уборки. Температурный режим был умеренно пониженным.

Агроклиматические исследования Г.Т. Селянинова по связи между ГТК и урожайностью зерновых культур показали, что максимальному урожаю соответствует ГТК равный 1,2. При ГТК<1,2 урожаи снижаются из-за развития засушливых явлений, а при ГТК>1,2 урожаи уменьшаются от переувлажнения [1].

Гидротермический коэффициент Селянинова является условным выражением баланса влаги и определяет отношение прихода влаги к ее расходу. ГТК более 1,0 характеризует увлажнение с/х культур, ниже 1,0 свидетельствует о недостаточной увлажненности вегетационного периода, ниже 0,5 соответствует резкому недостатку осадков. Сравнимая ГТК, количество выпавших осадков, и урожайность - наиболее аналогичная 2010 году засушливая погода - наблюдалась в 1972 и 1981 годах.

Для оценки влагообеспеченности авторы [8, 14] предлагают использовать ГТК как наиболее оптимальный показатель. Авторы, обобщив многолетний опыт использования показателя ГТК, предложили следующую шкалу классификации уровней влагообеспеченности по значениям ГТК. Приведем эту шкалу в табл. 2 с распределением в ней повторяемости ГТК, рассчитанных за вегетационный период для Ульяновской области по годам в период 1961-2019 гг.

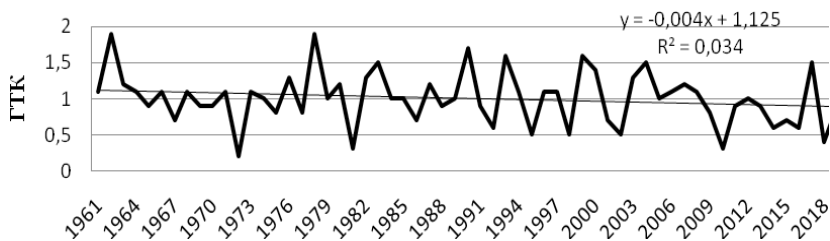
Согласно данным табл.2, достаточная влагообеспеченность из всего 58-летнего периода наблюдалась лишь 18 раз (31%), неблагопри-

**Таблица 2 – Повторяемость ГТК по области в период 1961-2019 гг. согласно классификации авторов [3]**

ГТК	Характер влагообеспеченности	Количество лет	%
>1,5	Избыточная	5	9
1,5-1,41	Повышенная	4	7
1,40-1,11	Достаточная (оптимальная)	18	31
1,10-0,76	Недостаточная	18	31
0,75-0,61	Низкая (слабая засуха)	7	12
0,60-0,41	Очень низкая (средняя засуха)	3	5
0,40-0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)	3	5
<0,20	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	0	0

ятные условия по влагообеспеченности наблюдались в большем числе лет. Засушливые условия формировались 13 раз (22%), что согласуется с данными работы [7, 8], согласно которой, в последние десятилетия во внетропических широтах отмечается повышенная вероятность экстремальных антициклонов, что увеличивает риск таких неблагоприятных последствий, как засухи летом и экстремальные морозы зимой.

На рис. 3 приведены межгодовые колебания ГТК и его отрицательный линейный тренд.



**Рисунок 3 – Межгодовые изменения ГТК на территории Ульяновской области (1961 – 2019 гг.)**



ГТК более тесно связан с осадками, чем с температурой воздуха. Так, для первой части вегетационного периода (апрель-июнь) коэффициент корреляции между ГТК и температурой воздуха составил  $-0,36$  (отрицательная связь), а с осадками  $0,69$ . Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых культур и ГТК для Ульяновской области составил  $0,43$  (с достоверностью  $0,95\%$ ), т.е. погодные условия оказывают заметное влияние на формирование урожайности. Наименьшая урожайность зерновых культур по области  $5,3$  ц/га, и  $10,3$  ц/га в Ульяновском НИИСХ наблюдались в 1998 году, в этот год, несмотря на высокий температурный режим и отсутствие эффективных осадков с середины апреля до конца июля, а так же, начавшиеся обильные дожди в конце июля и в первой половине августа создавали тяжелейшие условия для их уборки. В 2010 году наблюдалась наиболее сильная устойчивая засуха. Максимальная температура воздуха 1 и 2 августа, впервые за весь период инструментальных наблюдений достигала до  $40^\circ$ . В течение четырех месяцев не было эффективных осадков. ГТК составил в апреле  $-0,0$ , в мае  $-0,3$ , в июне  $-0,0$ , в июле  $-0,4$ , за первую половину августа  $-0,0$ , что привело к гибели значительной части зерновых, зернобобовых и особенно поздних культур. Сравнивая урожайность зерновых культур за последние 58 лет ГНУ УНИИСХ с областными данными, можно отметить, что она в два раза выше, не только в благоприятные, но и в засушливые годы, что лишним раз доказывает о высокой технологии и достижений науки, а также умении приспосабливаться к тяжелым метеорологическим условиям.

**Вывод.** Таким образом, важнейшей закономерностью наблюдаемых изменений агроклиматических показателей на территории Ульяновской области как следует из таблицы 1, является повторяемость атмосферной засухи через каждые три года. Интенсивная устойчивая засуха, вызывающая существенное снижение продуктивности сельскохозяйственных культур, бывает в среднем один раз в восемь лет. Для снижения негативного влияния засух необходимо принятие комплекса мер по внедрению научно обоснованных технологий и засухоустойчивых, пригодных к местным условиям сортов. Необходимо объединить усилия ученых и производителей и при поддержке государства поэтапно и последовательно осуществить технологическую модернизацию АПК. А также назрела необходимость вкладывать средства в научные исследования и разработки, что позволит определить адаптационные стратегии, основанные на конкретных данных.

*Библиографический список:*

1. Влияния изменения климата на сельское хозяйство России: национальные и региональные аспекты (на примере производства зерна) // М.: ОКСФAM, –2013, –№ 4, –С. 37–54.
2. Немцев С.Н., Шарипова Р.Б. Тенденции изменений климата и их влияние на продуктивность зерновых культур в Ульяновской области. – // Земледелие.– 2012. –№ 2. –С. 3-5.
3. Переведенцев Ю.П., Важнова Н.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Шарипова Р.Б. Современные тенденции изменения климата в Приволжском Федеральном округе // Георесурсы. 2012. №6 (48). – С.19-34.
4. Шарипова Р.Б., Галиакберов А.Г., Никитин С.Н., Сабитов М.М. Агроклиматическая оценка атмосферных засух и урожайности на территории ГНУ Ульяновский НИИСХ // Вестник Ульяновской ГСХА. – №3. – 2011. – С. 35-40.
5. Кренке А., Ананичева М.В. Изменения климата и человеческое измерение исследования в России / В сб. Человеческое измерение и глобальное изменение среды. М. IHDP, –2005, –303 с.
6. Casey K. S., Cornillon P. J. Global and regional sea surface temperature trends // Climate . – 2011 vol. 14, – P. 3801 – 3818.
7. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2014. – 1008 с.
8. Иванов А.Л. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / Под редакцией академиков Россельхозакадемии А. Л. Иванова и В. И. Кирюшина – М.: Россельхозакадемия, –2009. – 518 с.
9. Иванов А.Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство. // Земледелие. – 2009. –№ 1. – С.3-5
10. Семенов С. М. Парниковые газы и современный климат земли // М., Издательский центр «Метеорология и гидрология» –2004. –175 с.
11. Сельское хозяйство Ульяновской области. Департамент сельского хозяйства Ульяновской области // Печатный двор. – 2018, – 32 с.
12. Агрометеорологический бюллетень (с 1961 по 2019 гг.), Ульяновск.
13. Уланова Е.С., В.Н. Забелин. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. Ленинград гидрометеоиздат. – 1990. – 208 с.
14. Сиротенко О. Д., Абашина Е. В. Современные климатические изменения продуктивности биосферы России и сопредельных стран. // Метеорология и гидрология. – 2008. – №4. – С. 101-107.
15. Мустафина А.Б. Основные особенности влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2019. – №2(372). – С. 144-153.

## FREQUENCY AND INTENSITY OF ATMOSPHERIC DROUGHTS IN THE ULYANOVSK REGION

*Sharipova R.B., Kuzina E.V.*

**Keywords:** *drought, temperature, precipitation, hydrothermal coefficient, climate.*

*The Relevance of the study is due to the problem of agrometeorological monitoring of drought and crop conditions, since the Ulyanovsk region is very likely to experience severe and very severe droughts, which in some cases cause a catastrophic decrease in crop productivity. Therefore research work aimed at revealing of regularities of formation of dry events and adapting nature farming to the specific conditions of aridity given set of crops, of agricultural production. The leading method to study the problem is the methods of comparison, analysis and generalization of the source data. Estimates of regional climate changes were made using proven statistical methods, correlation and trend analysis, the reliability of which was evaluated using the Fischer and student criteria, which allow us to comprehensively consider the agrometeorological indicators of atmospheric droughts and crop yields in changing regional climate conditions, as well as to make recommendations for adjusting the technology of their cultivation. Presented materials for climate change analysis for 1961-2018 they revealed an increase in the average annual temperature over the years of research by 2.3°C and an increase in precipitation by 131 mm, and revealed the frequency of atmospheric drought in the region every three years. An intense, persistent drought that causes a significant reduction in crop productivity occurs on average once every nine years. The materials of the article are of practical value for agricultural specialists in the preparation of recommendations, reference books and generalization of microclimatic information in the conditions of intensive farming systems.*