

УДК 551.5

*А.Б. Мустафина***АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН¹**

Анализируются наблюдаемые за последние 23 года изменения климатических и агроклиматических показателей на территории Республики Татарстан по данным реанализа Era-Interim по температуре воздуха и осадкам за период 1995–2017 гг. Средняя температура воздуха за первую половину вегетационного периода составляет 11,4 °С. На территории Республики Татарстан в среднем за год выпадает 588 мм осадков, из них 144 мм за апрель-июнь. Рассмотрена зависимость урожайности зерновых культур от агроклиматических условий. Показано, что к увеличению урожайности приводит достаточное количество осадков в первую половину вегетационного периода, и наоборот, урожайность снижается, если вегетационный период начался с высокими температурами воздуха. Рассмотрены такие показатели засухи, как индекс Д.А. Педея и гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова. Рассчитана климатическая составляющая изменчивости урожая зерновых культур по методике В.М. Пасова.

Ключевые слова: температура, осадки, урожайность, засуха, индекс Педея, гидротермический коэффициент, методика Пасова.

Метеорологические факторы оказывают большое влияние на рост, развитие и урожай сельскохозяйственных растений. Из них наиболее важными являются – свет, тепло и влага.

Особое место занимают адаптационные изменения сельскохозяйственных ресурсов для обеспечения продовольственной безопасности крупных регионов. В связи с этим чрезвычайно важно заранее предвидеть тенденции изменения климата, исследовать и прогнозировать отклик агросферы на них [1].

Большую угрозу для ведения успешного земледелия представляют засухи. Данная проблема весьма актуальна, поскольку высока вероятность сильных и очень сильных засух, вызывающих в ряде случаев, как показал 2010 г., катастрофическое снижение продуктивности сельскохозяйственных культур [2].

Под засухой понимают сложное агрометеорологическое явление, в результате которого у растения нарушается водный баланс. Под влиянием недостатка влаги, вызванного усиленным испарением или длительным бездождем, растение увядает или гибнет. Основной причиной проявления засух является климатический фактор, в частности соотношение тепла и влаги. Остальные природные компоненты (рельеф, подстилающая поверхность, литология, поверхностные и подземные воды, ландшафтная дифференциация) оказывают опосредованное влияние, меняя в ту или иную сторону это соотношение в пределах конкретной местности [3].

Засуха на Европейской территории России (ЕТР) возникает при преобладающем антициклоническом режиме атмосферной циркуляции. Формирование антициклона здесь чаще всего связано с распространением отрога азорского антициклона на юг ЕТР и вторжением сухих быстро прогреваемых над континентом арктических масс воздуха [4].

Актуальность данной работы определяется тем, что в настоящее время высока вероятность сильных и очень сильных засух, приводящих к катастрофически низким урожаям.

Целью настоящей работы является оценка влияния атмосферных засух на урожайность зерновых культур в Республике Татарстан в период 1995–2017 г., а также корреляционных связей между урожайностью зерновых культур и отдельными показателями температурно-влажностного режима региона.

Систематическое исследование засух в нашей стране начато со второй половины XIX в. За это время предложено немало различных подходов к определению засухи с выделением ее типов: атмосферной, почвенной и смешанной. Степень засушливости определялась с помощью различных показателей, характеризующих обеспеченность влагой исследуемой территории. Результаты по засухам до 1980 г. были обобщены в работе [5].

В Казанском университете многие десятилетия проводятся исследования в области изменения климата и агрометеорологии на территории Республики Татарстан и Поволжского региона. В этих работах, например в [6-10], делается вывод о росте температуры воздуха и уменьшении количества атмосферных осадков.

¹ Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ (проект №18-45-160006).

Материалы и методы исследований

Отправной точкой в проведении исследований стали данные реанализа Era-Interim по температуре воздуха и атмосферным осадкам с шагом регулярной сетки 0,25 градусов за период 1995–2017 гг. и данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Татарстан по урожайности за период 1995–2017 гг.

ERA-Interim – последняя разработка глобального атмосферного реанализа от Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), которая охватывает период с 1 января в 1979 г. по текущий день. Расчетная область ограничена координатами: $\varphi = 53,9\text{--}56,67^\circ$ с.ш., $\lambda = 47,25\text{--}54,26^\circ$ в. д.

В данной работе были рассмотрены следующие показатели засухи: индекс Д. А. Педея и гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (ГТК).

Индекс засушливости Д.А. Педея определяет засуху на основе анализа аномалий температуры воздуха и осадков с учетом данных об их изменчивости и рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P}, \quad (1)$$

где ΔT и ΔP – месячные аномалии температуры воздуха и атмосферных осадков, σ_T и σ_P – их среднеквадратические отклонения. Атмосферная засуха формируется при значениях $S_i \geq 2$, если $S_i \leq -2$, то отмечаются условия с избыточным увлажнением.

ГТК Г.Т. Селянинова показывает, что при одном и том же количестве осадков степень влагообеспеченности растений зависит от температуры воздуха: чем выше температура воздуха и, следовательно, непродуктивный расход влаги на испарение, тем меньше влагообеспеченность растений.

$$\text{ГТК} = \frac{10 \sum P}{\sum T_{>10^\circ\text{C}}}, \quad (2)$$

где $\sum P$ – сумма осадков за вегетационный период (мм), $\sum T_{>10^\circ\text{C}}$ – сумма активных температур за тот же период ($^\circ\text{C}$).

Разной степени увлажнения соответствуют следующие градации ГТК: ГТК $< 0,4$ – очень сильная засуха; $0,4 \leq \text{ГТК} < 0,5$ – сильная засуха; $0,5 \leq \text{ГТК} < 0,7$ – средне засушливо; $0,7 \leq \text{ГТК} \leq 1,0$ – недостаточно влажно; $1,0 < \text{ГТК} \leq 2,0$ – достаточно влажно; ГТК $> 2,0$ – переувлажнено [10].

По методике В.М. Пасова была рассчитана климатическая составляющая изменчивости урожаев [11].

$$C_m = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

где C_m – климатическая составляющая изменчивости урожаев; \bar{y} – средняя многолетняя урожайность; y_i – урожайность конкретного года; $y_i - \bar{y}$ – урожайность по тренду в конкретном году; n – продолжительность временного ряда урожайности.

Средняя квадратическая ошибка C_m вычисляется по формуле:

$$\partial C_m = \frac{C_m \sqrt{1 + C_m^2}}{\sqrt{2(n-1)}}. \quad (4)$$

По величине коэффициента вариации в [11] выделены следующие градации изменчивости урожайности зерновых культур:

- менее 0,20 – незначительная изменчивость урожайности;
- 0,21 – 0,30 – умеренная изменчивость урожайности;
- 0,31 – 0,40 – высокая изменчивость урожайности;
- более 0,40 – очень высокая изменчивость урожайности.

Результаты и их обсуждение

На территорию РТ приходится 149 узлов реанализа Era-Interim. Осредненные данные по Республике Татарстан по температуре воздуха и атмосферным осадкам подверглись статистической обработке. Были найдены средние значения, среднеквадратическая ошибка (СКО), среднемесячная температура за апрель-июнь, сумма осадков за год, сумма осадков за апрель-июнь, индекс Педея, ГТК Селянинова, которые представлены в табл. 1.

Средняя температура за апрель–июнь 1995–2017 гг. составляет 11,4 °С. Самая низкая температура в первую половину вегетационного периода наблюдалась в 2017 г. (9 °С), а самая высокая – в 1995 г. (14,6 °С). Межгодовая изменчивость равна 1,4 °С.

На территории Республики Татарстан в среднем за год выпадает 588 мм осадков, из них 144 мм с апреля по июнь. Максимальное количество осадков выпало в 1999 г. (706,5 мм), минимальное – в 2010 г. (425,7 мм), а за период апрель–июнь максимум наблюдался в 1997 г. (246,7 мм), минимум – также в 2010 г. (36,8 мм).

Таблица 1

Основные параметры температурно-влажностного режима Республики Татарстан за 1995–2017 гг.

Год	Осадки (мм)		Среднемесячная температура за апрель – июнь (°С)	Урожайность ц/га	Индекс Педя		ГТК
	за год	апрель-июнь			май	июнь	
1995	578,7	95,4	14,6	16,4	1,4	2,1	0,75
1996	429,2	143,1	10,6	26,2	1,2	-0,8	0,95
1997	694,0	246,7	11,2	35,1	-2,4	-0,4	1,43
1998	613,8	110,6	10,7	11,5	1,0	2,8	0,86
1999	706,5	166,0	10,2	16,2	-4,5	0,5	1,43
2000	627,5	185,7	10,9	31,4	-2,6	-1,1	1,34
2001	668,4	165,6	11,4	40,2	-2,1	-1,2	1,19
2002	627,2	144,2	9,2	35,2	-2,3	-1,2	1,11
2003	542,7	186,0	10,0	35,1	-0,2	-3,9	1,42
2004	639,2	177,3	10,2	27,7	-0,4	-0,9	1,29
2005	546,7	163,2	11,9	29	1,7	-1,8	1,36
2006	683,8	169,2	12,2	26,9	-0,7	1,2	1,48
2007	649,5	172,3	11,1	30,1	0,4	-1,0	1,37
2008	585,0	121,9	11,4	33,8	-0,8	-0,6	1,14
2009	444,9	95,2	11,3	31,7	0,9	1,8	0,91
2010	425,7	36,8	13,7	10,4	2,7	3,6	0,31
2011	601,2	169,5	11,0	29,6	0,7	-1,5	1,15
2012	528,8	106,7	14,0	22,5	1,5	1,4	0,81
2013	630,5	100,4	12,4	21,4	1,2	1,7	1,17
2014	547,1	123,6	11,2	21,6	2,7	-1,0	1,01
2015	610,4	130,7	12,5	21,2	1,1	2,1	1,06
2016	546,4	126,5	12,4	25,9	0,9	0,4	0,77
2017	599,3	175,1	9,0	36,6	-1,1	-2,3	1,24
Среднее	588,1	144,0	11,4	26,8	0,0	0,0	1,1
СКО	78,8	43,5	1,4	8,1	1,8	1,8	0,3

Рассматривались межгодовые изменения температуры воздуха и атмосферных осадков за апрель-июнь, то есть за первую половину вегетационного периода.

Как видно из рис. 1 и 2, начало вегетационного периода сопровождается тенденцией увеличения температуры воздуха и уменьшения количества атмосферных осадков, что может приводить к снижению урожайности.

Одним из значимых производственных показателей зерновой отрасли является урожайность. Урожайность – это качественный и комплексный показатель, который оказывает влияние на эффективность и финансовое состояние отрасли.

Средняя урожайность зерновых культур по Татарстану составляет 26,8 ц/га. Самый высокий урожай в Республике собрали в 2001 г. (40,2 ц/га). Затем идет 2002 г. с урожайностью 35,2 ц/га, далее 2003 и 1997 гг. (35,1 ц/га). Самая низкая урожайность зерновых культур наблюдалась в 2010 г. (10,4 ц/га) и в 1998 г. (11,5 ц/га). На рис. 3. приведен график динамики урожайности в РТ.

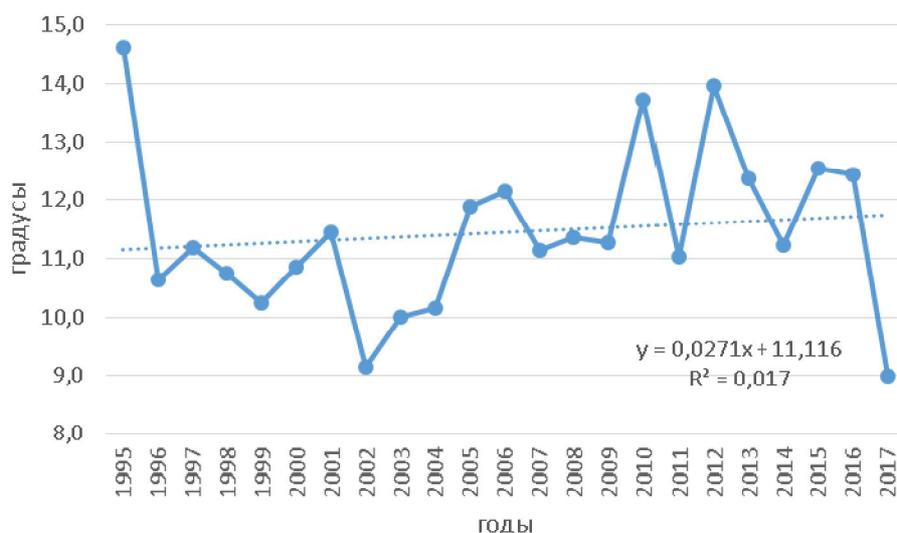


Рис. 1. Межгодовые изменения температуры воздуха (°C) за апрель-июнь

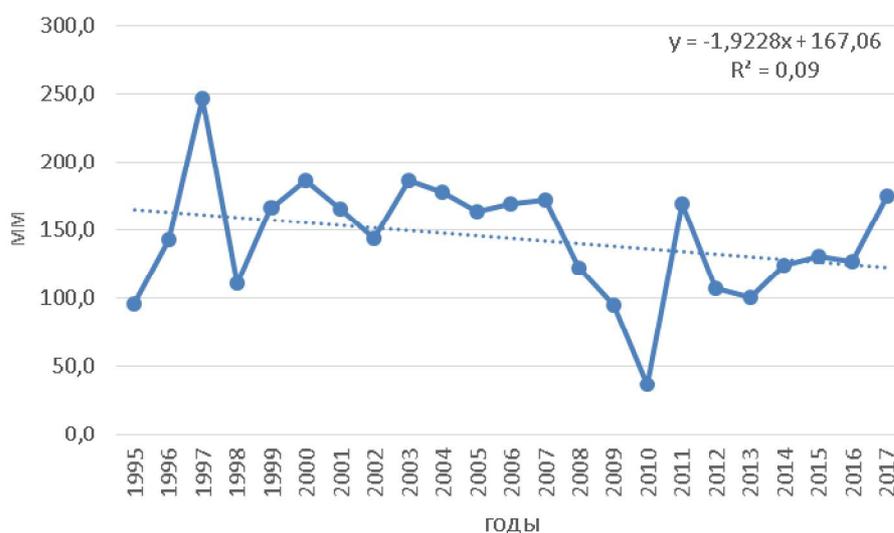


Рис. 2. Межгодовые изменения количества атмосферных осадков (мм) за апрель-июнь

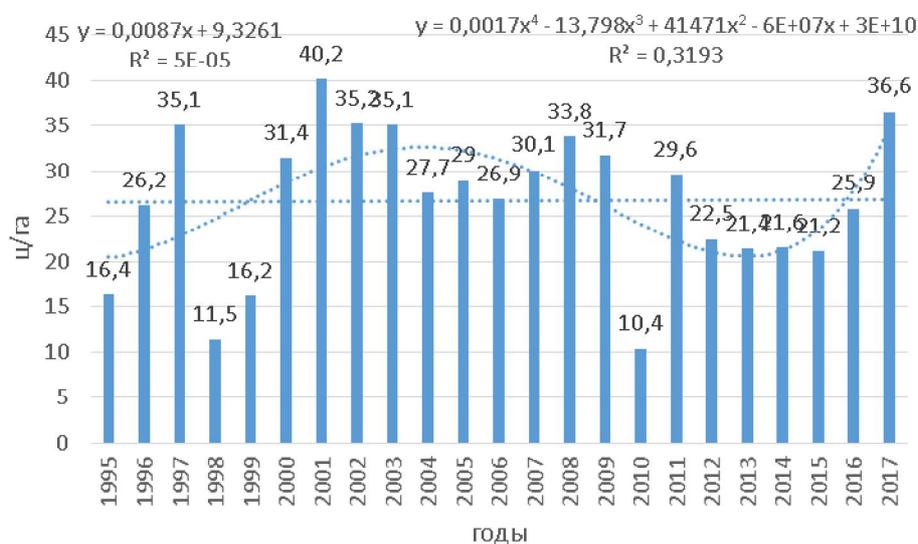


Рис. 3. Динамика урожайности в Республике Татарстан (ц/га)

Таблица 2

Распределение урожайности зерновых культур в РТ, ц / га

Фактическая урожайность в среднем за три последних года (2015-2017 гг.), ц / га	27,9
Фактическая урожайность в среднем за анализируемый период (1995-2017гг., 23 года), ц / га	26,8
Минимальная урожайность, ц / га	10,4 (2010 г.)
Максимальная урожайность, ц / га	40,2 (2001 г.)

Изменения урожайности сельскохозяйственных культур от года к году прежде всего обусловлены погодными условиями. Влияние метеорологических факторов и их комплексов на формирование продуктивности сельскохозяйственных культур изучены достаточно полно. Значительный вклад в изучение изменчивости урожаев зерновых культур в связи с особенностями климата основных сельскохозяйственных районов страны внес В.М. Пасов.

Расчет климатической составляющей изменчивости урожаев зерновых культур по методике В.М. Пасова показал, что в Республике Татарстан умеренно устойчивые урожаи ($C_m=0,23$). Средняя квадратическая ошибка равна 0,04.

Расчитаны метеорологические составляющие урожайности Δy_i в отклонениях от тренда:

$$\Delta y_i = \frac{y_i - y_{эi}}{y_{эi}} * 100\%, \quad (5)$$

где y_i – урожайность конкретного года; $y_{эi}$ – динамическая урожайность. Поскольку предполагается, что урожайность по тренду $y_{эi}$ характеризует уровень агротехники, достигнутой в каждом году, то величина Δy_i должна указать на ту часть изменчивости урожайности, которая связана с особенностями агрометеорологических условий вегетационных периодов. В зависимости от уровня изменчивости урожаев отличаются и их отклонения от трендовых значений [12].

В табл. 3 представлена повторяемость метеорологической составляющей урожайности в РТ.

Таблица 3

Повторяемость метеорологической составляющей урожайности в РТ

$\Delta y_i, \%$							
-83...-63	-62...-42	-41...-21	-20...0	0...21	22...42	43...63	64...83
	8,7	4,3	17,4	34,8	26,1	8,7	

Как видно из табл. 3, в Республике Татарстан метеорологическая составляющая урожайности не превышает 63 %.

Коэффициент корреляции урожайности зерновых культур с годовой суммой осадков составил 0,22; с осадками за период апрель–июнь 0,64; с температурой за период апрель–июнь –0,53, то есть наибольшая роль в формировании урожая принадлежит увлажненности в первую половину вегетационного периода. В то же время период с высокими температурами начала вегетационного периода сопровождается, как правило, недостатком атмосферных осадков, что приводит к снижению урожайности (коэффициент корреляции отрицательный).

Статистически значимыми коэффициентами корреляции (при $p=0,95$) считаются $|r| \geq 0,42$.

На рис. 4 представлена зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков (апрель–июнь).

Связь урожайности зерновых культур с атмосферными осадками (апрель–июнь) описывается полиномиальным уравнением 3-го порядка: $y = -4E - 0,6x^3 + 0,0012x^2 + 0,00614x + 8,1687$. Теснота связи характеризуется корреляционным отношением $r = 0,75$. Это свидетельствует об умеренной связи между осадками и урожайностью зерновых. Коэффициент детерминации $R^2 = 0,56$ показывает, что влияние осадков на урожайность составляет 56 %, а 44% – следствие других факторов.

Из анализа уравнения связи следует вывод, что имеется прямая зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков за апрель–июнь.

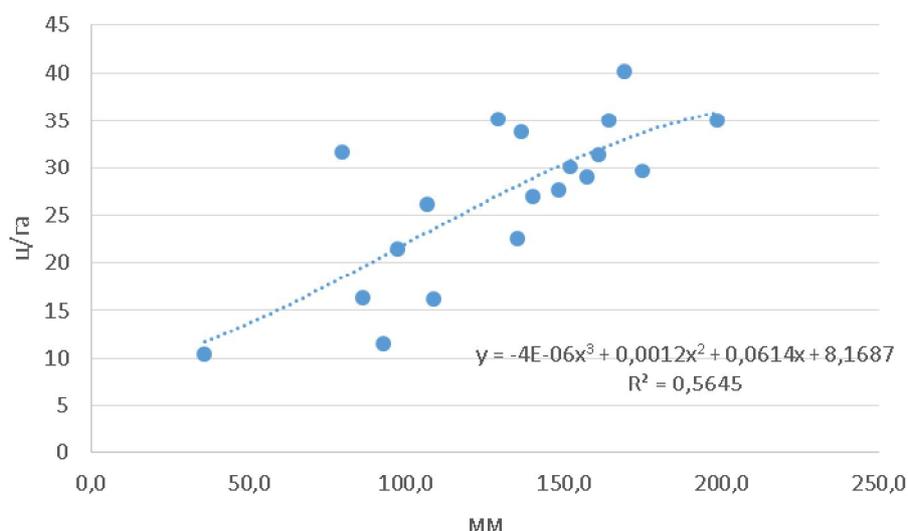


Рис. 4. Зависимость урожайности зерновых культур от атмосферных осадков (апрель-июнь)

Для периода 1995–2017 гг. рассчитывался индекс засушливости Педея и корреляция между ним и урожайностью. Зависимость между ними отрицательная, что означает, чем засушливее год, тем меньше урожайность. Однако связь значительная лишь для мая (–0,46) и июня (–0,77) (для июля –0,22, августа –0,03, сентября –0,13). В мае и июне у зерновых культур интенсивно развивается корневая система, происходит накопление вегетативной массы за счет роста стеблей и листьев, а также закладываются и формируются элементы продуктивности колоса. В этот период особенно важен учет условий влагообеспеченности посевов.

Сильное избыточное увлажнение было в мае 1999 г., индекс равен –4,5, урожайность данного года 16,2 ц/га. Май 2000–2002 гг. был средне избыточно увлажненным (–2,6; –2,1; –2,3 соответственно), а июнь (–1,1; –1,2; –1,2) – близким к норме. Поэтому в 2000–2002 гг. наблюдается самая высокая урожайность зерновых культур в Республике.

В пределах нормы был индекс засушливости мая и июня 1997, 2008, 2009 гг., когда также наблюдалась высокая урожайность. В 2010 г. индекс Педея был выше 2: в мае 2,7, а в июне и июле 3,6 и 4,7 соответственно, следовательно, урожайность данного года самая низкая.

Гидротермический коэффициент Селянинова является условным выражением баланса влаги и определяет отношение прихода влаги к ее расходу.

Как видно из табл. 2, в 2010 г. наблюдалась очень сильная засуха, что привело к гибели значительной части урожая. Недостаточно влажными были 5 лет. В 4-х случаях, кроме 2009 г., урожайность была низкой. В остальные годы ГТК Селянинова варьируется в пределах от 1,11 до 1,48.

В [13] предложена следующая шкала классификации уровней влагообеспеченности по значениям ГТК. Эта шкала приведена в табл. 4 с распределением в ней повторяемости ГТК.

Таблица 4

Повторяемость ГТК Селянинова за период 1995–2017 гг., согласно классификации авторов [13]

ГТК	Характер влагообеспеченности	Количество лет	%
>1,5	Избыточная	0	–
1,5–1,41	Повышенная	4	17,4
1,40–1,11	Достаточная (оптимальная)	10	43,5
1,10–0,76	Недостаточная	7	30,5
0,75–0,61	Низкая (слабая засуха)	1	4,3
0,60–0,41	Очень низкая (средняя засуха)	0	–
0,40–0,21	Исключительно низкая (сильная засуха)	1	4,3
<0,20	Катастрофически низкая (очень сильная засуха)	0	–

Согласно табл. 4, достаточная влагообеспеченность из 23-летнего периода наблюдалась 10 раз (43,5 %). Засушливые условия формировались 2 раза: это 1995 (0,75) и 2010 гг. (0,31).

Для первой части вегетационного периода (апрель-июнь) были произведены расчеты корреляции между ГТК и температурой воздуха, и осадками. Как оказалась, связь гидротермического коэффициента больше с осадками, чем с температурой воздуха, коэффициент корреляции составил 0,86, а с температурой воздуха связь отрицательная $-0,57$.

Коэффициент корреляции между урожайностью и ГТК Селянинова равна 0,57, влияние на урожайность погодных условий заметное.

В работе рассматривались условия перезимовки озимых культур. Известно, что урожайность связана с характером зим. Для этого аномальность зим оценивалась показателем, представляющим нормированные на средние квадратические отклонения аномалии температуры зимних месяцев:

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta t_i}{\sigma_i} + \frac{\Delta t_j}{\sigma_j} \right), \quad (6)$$

где α – интегральная оценка степени аномальности зимней (январь, февраль) температуры воздуха; $\frac{\Delta t_i}{\sigma_i}, \frac{\Delta t_j}{\sigma_j}$ – нормированные аномалии температуры воздуха по станциям за январь и февраль соответственно [14].

В работе [14] определены условные граничные значения индекса α , согласно которой для Республики Татарстан экстремально холодные зимы наблюдаются при значениях индекса $\alpha < -0,9$; экстремально теплые зимы – при значениях индекса $\alpha > 1,0$.

В табл. приведен каталог аномальности зим за январь и февраль за период 1995–2017 гг.

Таблица 5

Каталог аномальности зим за период 1995-2017 гг.

Год	α	Год	α	Год	α
1995	0,65	2003	-0,15	2011	-1,27
1996	-1,10	2004	0,30	2012	-0,79
1997	-0,53	2005	0,03	2013	0,10
1998	-0,50	2006	-1,28	2014	-0,33
1999	0,69	2007	0,65	2015	0,48
2000	0,93	2008	0,33	2016	0,70
2001	0,77	2009	0,11	2017	0,01
2002	1,39	2010	-1,42		

Экстремально холодной была зима 2010 г. ($\alpha = -1,42$), самой теплой – зима 2002 г. ($\alpha = 1,39$).

Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых культур и аномальностью зим равен 0,30, то есть связь между ними незначимая. Следует отметить, что в годы с экстремально холодной зимой собрали минимальное количество урожая за рассматриваемый период, а в годы с экстремально теплой зимой – высокий урожай.

Агрометеорологические прогнозы являются одним из главных видов оперативного агрометеорологического обеспечения аграрного сектора экономики страны. Для решения целесообразности внедрения нового метода прогноза в оперативную практику проводят оценку его качества. Методы оцениваются путем сравнения расчетных значений урожайности с фактическими значениями [3].

Для прогнозирования урожайности можно использовать самый простой метод в Excel, как аппроксимация на несколько периодов вперед.

На рис. 5 представлен график фактической (до 2014 г.) и ожидаемой урожайности по полиномиальной линии тренда 4-го порядка (до 2018 г.). Как видно из графика, урожайность зерновых в РТ будет увеличиваться.

Так как есть фактические данные урожайности за 2015–2017 гг., можно сравнить с прогнозируемыми данными. В табл. 6 представлены прогнозируемые величины урожайности и их фактические значения.

Сравнение расчетных значений урожайности с фактическими значениями показал, что процент отклонения предсказанных данных от фактических в среднем составляет 9,0 %.

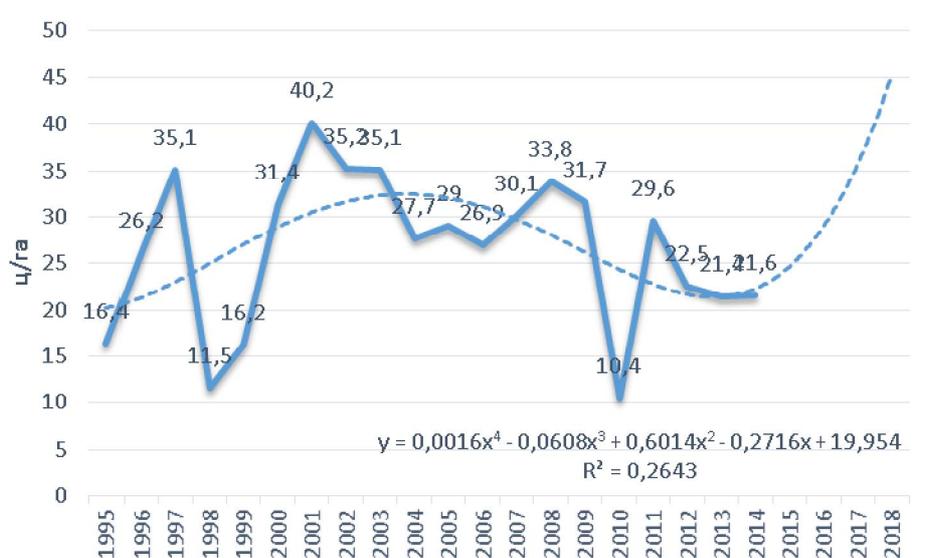


Рис. 5. Фактическая (до 2014 г., сплошная линия) и ожидаемая урожайность по полиномиальной линии тренда 4-го порядка (до 2018 г., пунктирная линия)

Таблица 6

Прогнозирование урожайности зерновых культур

Метод прогнозирования	Прогнозируемая урожайность, ц / га				Фактическая урожайность, ц/га			
	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.
Аналитическое полиномиальное выравнивание 4-го ряда	24,8	29,1	36,0	45,8	21,2	25,9	36,6	-

Выводы

В результате проделанной работы установлено, что к увеличению урожайности приводит достаточное количество осадков в первую половину вегетационного периода, и, наоборот, урожайность снижается, если вегетационный период начался высокими температурами воздуха.

Рассмотрены два показателя засухи: индекс Педя и ГТК Селянинова. Между урожайностью и индексом засушливости Педя зависимость отрицательная. Высокая урожайность наблюдалась в те годы, когда индекс Педя в мае и июне был близким к норме. Также когда индекс Педя был за пределами нормы (сильная засуха, или же сильное избыточное увлажнение), урожайность была низкая. За рассматриваемый период достаточная влагообеспеченность наблюдалась в 43,5 % случаях, когда и урожайность была высокая.

Рассматривалась аномальность зим как одно из условий перезимовки озимых культур. Связь между урожайностью зерновых культур и аномальностью зим оказалась незначимая, однако в годы с экстремально холодной зимой собрали минимальное количество урожая, а в годы с экстремально теплой зимой – высокий урожай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермакова Л.Н., Шкляев В.А., Шкляева Л.С. Современные изменения климатических и агрометеорологических характеристик в Пермском крае и возможные вариации продуктивности сельскохозяйственных культур // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2013. Вып. 2. С. 104-116.
2. Шарипова Р.Б., Галиакберов А.Г., Никитин С.Н., Сабитов М.М. Агроклиматическая оценка атмосферных засух и урожайности на территории ГНУ Ульяновской НИИСХ // Вестн. Ульяновской гос. сельскохозяй. академии. 2011. № 3. С. 35-39.
3. Хлевина С.Е., Меркулова С.В., Меркулов П.И. География засух на территории Республики Мордовия и соседних регионов // РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ В XXI ВЕКЕ. Матер. II Межд. науч. конф. / под общ. ред. А.У. Огоева. Владикавказ: ИПЦ СОГУ. 2017. С. 427-430.

4. Черенкова Е.А. Количественные оценки атмосферных засух в федеральных округах Европейской территории России // Изв. РАН. Сер. географическая. 2013. № 6. С. 76-85.
5. Колобов Н.В., Муракаева С.А. Засухи на территории Татарской АССР. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1980. 140 с.
6. 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. 19-24.
7. Переведенцев Ю.П., Гоголь Ф.В., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Динамика полей температуры воздуха северного полушария в современный период // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4, № 1. С. 73-80.
8. Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г., Алтухова А.В., Гизатуллин Р.Д. Агроклиматические условия Приволжского федерального округа // Рос. журн. прикладной экологии. 2017. № 1 (9). С. 3-8.
9. Переведенцев Ю.П., Шарипова Р.Б., Важнова Н.А. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2012. Вып. 2. С. 120-126.
10. Переведенцев Ю.П., Шерстюков Б.Г., Наумов Э.П. и др. Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан. Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. 288 с.
11. Лебедева В.М., Страшная А.И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Кн. 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 216 с.
12. Ермакова Л.Н. Климатическая составляющая изменчивости урожаев яровой пшеницы на Урале // Географический вестник. 2005. №1-2. С. 100-112.
13. Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006. №2. С.98-105.
14. Мещерская А.В. Каталоги аномальных зим на территории России / А.В. Мещерская, М.П. Голод // Тр. ГГО. 2015. Вып. 579. С. 129-161.

Поступила в редакцию 29.06.2018

Мустафина Айсылу Билаловна, соискатель
 ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»
 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18
 E-mail: aisylu.gimranova@yandex.ru

A.B. Mustafina

AGROCLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

The article analyzes changes in climatic and agro-climatic indicators observed over the past 23 years on the territory of the Republic of Tatarstan. The study is based on the reanalysis data Era-Interim regarding air temperature and precipitation for the period 1995-2017. The average temperature for the first half of the vegetative period is 11.4° C. On the territory of the Republic of Tatarstan the average annual rainfall is 588 mm, of which 144 mm for April-June. The dependence of grain yields on agroklimatic conditions is examined. It is shown, that increase in productivity is resulted from adequate rainfall in the first half of the growing season, and vice versa, yields will be reduced if growing season started with high temperatures. Such drought indicators as the index of D.A. Ped' and the hydrothermal index of G.T. Seljaninov are considered. A climatic component of variability of grain harvests is calculated by a technique of V.M. Pasov.

Keywords: temperature, rainfall, productivity, drought, Ped' index, hydrothermal index, Pasov's technique.

REFERENCES

1. Ermakova L.N., Shklyayev V.A. and Shklyayeva L.S. [Modern changes of climate and agrometeorological characteristics of the Perm region and the possible variation of productivity of agricultural crops], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2013, vol. 6, iss. 2, pp. 104-116 (in Russ.).
2. Sharipova R.B., Galiakberov A.G., Nikitin S.N. and Sabitov M.M. [Agroklimatic estimation of atmospheric droughts and productivity in territory i bend the Ulyanovsk scientific research institute of agriculture], in *Vestn. Ul'yan. Gos. Sel'ckokhoz. Akad.*, 2011, vol. 3, pp. 35-39 (in Russ.).
3. Hlevina S.E., Merkulova S.V. and Merkulov P.I. [Geography of droughts on the territory of the Republic of Mordovia and neighboring regions], in *Mater. II mezhd. nauch. konf. "Razvitiye regionov v XXI veke" pod obshch. Red. A.U. Ogoeva*, 2017, pp. 427-430 (in Russ.).

4. Cherenkova Ye.A. [Quantitative Evaluation of Atmospheric Drought in Federal Districts of the European Russia], in *Izv. RAN. Ser. Geogr.*, 2013, vol. 6, pp. 76-85 (in Russ.).
5. Kolobov N.V. and Murakaeva S.A. *Zasuchi na territorii Tatarskoy ASSR* [Droughts in the territory of Tatar the ASSR], Kazan: Izd. Kazan univ., 1980, 140 p. (in Russ.).
6. Perevedentsev Yu.P., Vazhnova N.A., Naumov E.P., Shantalinsky K.M. and Sharipova R.B. [Modern trends of climate changing in the Volga Federal District (Russia)], in *Georesursy*, 2012, vol. 6, iss. 48, pp. 19-24 (in Russ.).
7. Perevedentsev Yu.P., Gogol F.V., Naumov E.P. and Shantalinsky K.M. [Dynamics of fields of air temperature of the Northern hemisphere during the modern period], in *Problemy analiza riska*, 2007, vol. 1, iss. 4, pp. 73-80 (in Russ.).
8. Perevedentsev Yu.P., Khabutdinov Yu.G., Altukhova A.V. and Gizatullin R.D. [Agroclimatic conditions of the Volga Federal District], in *Ross. Zhur. Prik. Ekol.*, 2017, vol. 1, iss. 9, pp. 3-8 (in Russ.).
9. Perevedentsev Yu.P., Sharipova R.B. and Vazhnova N.A. [Agroclimatic resources of the Ulyanovsk region and their impact on the yield of crops], in *Vestn. Udmurt. Univ. Ser. Biol. Nauki o Zemle*, 2012, vol. 6, iss. 2, pp. 120-126 (in Russ.).
10. Perevedentsev Yu.P., Sherstyukov B.G., Naumov E.P. and others *Klimaticheskiye ucloviya i resursy Respubliki Tatarstan* [Climatic conditions and resources of the Republic of Tatarstan], Kazan: Izd. Kazan univ., 2008, 288 p. (in Russ.).
11. Lebedeva V.M. and Strashnaya A.I. *Osnovy sel'skohozyajstvennoj meteorologii. Tom II. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. Kniga 2. Operativnoe agrometeorologicheskoe prognozirovanie* [Fundamentals of agricultural meteorology. Volume II. Methods of calculations and forecasts in agricultural meteorology. Book 2. Expeditious agrometeorological forecasting.], Obninsk: FGBU «VNIIGMI-MCD», 2012, 216 p. (in Russ.).
12. Ermakova L.N. [Climatic component of variability of harvests of spring-sown field in the Urals], in *Geographicheskij vestnik*, 2005, vol. 1, iss. 2, pp. 100-112 (in Russ.).
13. Zoidze E.K. and Homyakova T.V. [Modeling of formation of moisture security in the territory of the European Russia in modern conditions and bases of assessment of agroclimatic safety], in *Meteorology and Hydrology*, 2006, vol. 2, pp. 98-105. (in Russ.).
14. Meshcherskaya A.V. and Golod M.P. [Catalogs of abnormal winters in the territory of Russia], in *Trudy GGO*, 2015, vol. 579, pp. 129-161 (in Russ.).

Received 29.06.2018

Mustafina A.B., Applicant of an academic degree
Kazan (Volga) Federal University
18, Kremlevskaya st., Kazan, Russia, 420008
E-mail: aisylu.gimranova@yandex.ru