

ISSN 2304-9081

Учредители:  
Уральское отделение РАН  
Оренбургский научный центр УрО РАН

**Бюллетень**  
**Оренбургского научного центра**  
**УрО РАН**  
(электронный журнал)



**2014 \* № 4**

On-line версия журнала на сайте  
<http://www.elmag.uran.ru>

© А.Г. Крючков, 2014

УДК: 551.5:633.11(470.56)

*А.Г. Крючков*

## **ПОГОДНЫЕ ФАКТОРЫ, ИХ РОЛЬ И МОДЕЛИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНОГО УРОВНЯ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ**

Оренбургский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Оренбург, Россия

*Цель.* Выявление параметров основных действующих погодных факторов в межфазные периоды роста и развития яровой твёрдой пшеницы на чернозёме южном центральной зоны Оренбургского Предуралья, степени их варьирования, установление зависимости от них её урожайности и построение модели этих показателей.

*Материалы и методы.* Материалами для исследований послужили результаты 4-х летних (1987-1990 гг.) полевых опытов (А.Г. Крючков, И.Ф. Япиев [1]) с тремя сортами яровой твёрдой пшеницы на 4-х контрастных агрофонах (чёрный пар без удобрений, чёрный пар +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , яровая мягкая пшеница – стерневой фон без удобрений и он же +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ ). Наблюдения и исследования выполнены в соответствии с принятыми в НИИ методиками, для расчётов применялись методы нелинейного корреляционно-регрессионного анализа на ПЭВМ с использованием программы Statgrafiks. Показателями погодных факторов служили данные наблюдений Оренбургского Гидрометеоцентра [2].

*Результаты.* Установлены зависимости урожайности яровой твёрдой пшеницы от погодных факторов, складывающихся в различные межфазные периоды её роста и развития, выявлены величины их варьирования, показана динамика их величин на протяжении вегетации по межфазным периодам, представлены параметры моделей основных действующих факторов, определяющих формирование урожайности разного уровня.

*Заключение.* Полученные результаты и подходы могут быть использованы исследователями при построении моделей для условий своих территорий землепользования и специалистами с.-х. производства для совершенствования агротехнологических решений.

*Ключевые слова:* погодные факторы, динамика, вариабельность, корреляционные связи, межфазные периоды, модели, параметры, урожайность разного уровня.

---

---

*A.G. Kryuchkov*

## **WEATHER FACTORS AND THEIR ROLE MODEL FOR FORMATION YIELD OF SPRING DURUM WHEAT OF DIFFERENT LEVELS IN THE STEPPE ZONE ORENBURG PREDURALJA**

Orenburg Research Institute of Agriculture RAAS, Orenburg, Russia

*Aim.* To identify the parameters of the main current weather conditions in interphase periods of growth and development of spring durum wheat on chernozem southern central zone of Orenburg Ural region, the degree of variation, depending on them to establish its productivity and to build a model of these indicators.

*Materials and methods.* Materials for the research were the results of a 4-year (1987-1990.) Field experiments (AG Kryuchkov, IF Yapiev [1]) with three varieties of spring durum wheat for 4 Agrofon contrast (black couples without fertilizers, chër-tion vapor +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , spring wheat - stubble background without fertilizers and he's +  $N_{120}P_{120}K_{120}$ ). Observations and research carried out in accordance with accepted scientific research institute procedures for the calculation methods were used non-linear regression analysis on the PC using the program Stat-

grafiks. Indicators of weather factors were the observations of the Orenburg Hydrometeocentre [2].

*Results.* The dependences of the yield of spring durum wheat from weather factors that are emerging in various interphase periods of its growth and development, revealed the magnitude of their variation, and dynamics of their values during the growing season at the interphase periods presented the main parameters of the models the action-sponding to the factors determining the formation of productivity different levels.

*Conclusion.* Results and approaches can be used investigation-ers in the construction of models for the conditions of their areas of land use and agricultural experts production to improve agro-technology solutions.

*Key words:* weather factors, dynamics, variability, correlation, interphase periods, model parameters, yield different levels.

## **Введение**

В известной отечественной литературе [3-5] исследователи обычно приводят сведения о погодных факторах и их значимости для формирования урожайности растений за периоды вегетации в целом, ограничиваясь констатацией средних показателей двух-четырех факторов без детального анализа зависимости урожайности зерновых культур от действия отдельных из них на различных этапах жизни растений.

Академик В.И. Кирюшин [6] указывает, что есть необходимость четко представлять требования культур к агроклиматическим, почвенным и другим условиям. Не все из них разработаны. Часть критериев агроэкологической оценки сельскохозяйственных культур имеет описательный характер и основывается на практическом опыте без углубленной экспериментальной проработки. При этом отсутствует четкое представление о роли разных погодных факторов, отрицательное действие которых необходимо преодолевать с помощью технологий путем их своевременной коррекции или заблаговременного создания условий для лучшей сопротивляемости растений.

Исходя из этого, целесообразно выяснять роль различных погодных факторов, действующих в разные межфазные периоды роста и развития яровой твердой пшеницы на черноземе южном в степной зоне Оренбургского Предуралья, выявлять сильно действующие из них, устанавливая зависимость урожайности от этих факторов, в том числе с построением моделей.

## **Материалы и методы**

Материалами для исследования служили результаты полевых опытов за 4 различных и характерных для климата зоны года (1987-1990 гг.) с тремя сортами яровой твердой пшеницы на четырех резко контрастных агрофонах

(Нежинское опытное поле, чернозем южный).

Наблюдения и учеты проведены согласно методикам, принятым в НИИ сельского хозяйства. Расчеты зависимостей выполнены методом нелинейного корреляционно-регрессионного анализа с использованием программы Statgrafiks по 34 алгебраическим функциям. Показателями погодных условий служили данные наблюдений Оренбургского Гидрометеоцентра.

### **Результаты и обсуждение**

Корреляционно-регрессионный анализ показал (табл.1), что в период: посев – всходы наиболее сильные связи урожайности проявляются с осадками ( $\eta_{yx}=0,843$ ), суммарным испарением влаги ( $\eta_{yx}=0,825$ ) и  $\sum dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,797$ ), после них следуют  $\sum T$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,774$ ),  $t_{\min}$  ( $\eta_{yx}=0,740$ ) и  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,713$ ). Связи с относительной  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,685$ ) и запасом влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,589$ ) оказались на уровне средних (табл.1), а со среднесуточной  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,517$ ) и  $t_{\max}$  ( $\eta_{yx}=0,116$ ) не получено адекватных уравнений, удовлетворяющих критерию.

В период: всходы – кущение на первые места по напряженности связей вышли среднесуточный  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,850$ ) и относительная  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,845$ ), затем следуют осадки ( $\eta_{yx}=0,799$ ), запас влаги ( $\eta_{yx}=0,713$ ) и среднесуточная  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,702$ ).

В период от кущения до выхода в трубку нарастает число факторов и усиливается напряженность их связей с урожайностью. Важнейшую роль начинает играть запас влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,945$ ), показатели увлажнения воздуха – среднесуточный  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,876$ ),  $\sum dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,857$ ); температурного режима -  $t_{\max}$  ( $\eta_{yx}=0,863$ ), среднесуточная  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,838$ ), сумма температур воздуха ( $\eta_{yx}=0,826$ ) и суммарное испарение влаги ( $\eta_{yx}=0,812$ ).

После выхода растений твердой пшеницы в трубку и до колошения в целом снижается степень связей и уменьшается число факторов, имеющих существенное значение для урожайности сформированных посевов.

Наиболее заметно действие осадков ( $\eta_{yx}=0,776$ ), суммы  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,695$ ) и запаса влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,624$ ). В период от колошения до цветения наибольшую значимость имеют величина  $t_{\min}$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,861$ ) и запас влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,727$ ). Им уступают по силе связей  $t_{\max}$  ( $\eta_{yx}=0,668$ ), относительная  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,605$ ) и среднесуточная  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,602$ ).

Таблица 1. Корреляционные зависимости между показателями погодных условий за межфазные периоды роста и развития яровой твёрдой пшеницы и урожайностью на чернозёме южном в степи центральной зоны Оренбургского Предуралья (1987-1990 гг.)

Периоды	Корреляционные отношения между урожайностью и погодными факторами									
	$t_{cp.},$ °C	$\sum T,$ °C	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм	Осад- ки, мм	Относ. W воз- духа, %	dW воз- духа, мм	$\sum dW$ возду- ха, мм	Сум- мар- ное испа- рение, мм
Посев-всходы	0,517	0,774	0,116	0,740	0,589	0,843	0,685	0,713	0,797	0,825
Всходы – кущение	0,702	0,614	0,346	0,680	0,713	0,799	0,845	0,850	0,380	0,370
Кущение – выход в трубку	0,838	0,826	0,863	0,597	0,945	0,629	0,905	0,876	0,837	0,812
Выход в трубку - колошение	0,484	0,695	0,234	0,322	0,624	0,776	0,594	0,508	0,200	0,224
Колошение – цветение	0,602	0,385	0,668	0,861	0,727	-	0,665	0,296	0,298	0,285
Цветение - мо- лочная спелость	0,719	0,701	0,866	0,703	0,843	0,842	0,944	0,792	0,824	0,818
Молочная - восковая спе- лость	0,888	0,718	0,462	0,165	0,708	0,711	0,796	0,874	0,786	0,752
Восковая – полная спелость	0,576	0,656	0,581	0,730	0,693	0,489	0,692	0,349	0,518	0,485
Посев – колошение	0,476	0,623	0,727	0,570	0,583	0,416	0,790	0,946	0,445	0,432
Колошение – полная спелость	0,731	0,788	0,814	0,559	0,727	0,930	0,904	0,899	0,637	0,619
Посев – полная спелость	0,792	0,498	0,141	0,617	0,589	0,830	0,939	0,624	0,006	0,006
Период	Корреляционные отношения по периодам с факторами									
	Сумма влаги, мм					Расход влаги, мм				
Посев – колошение	0,714					0,485				
Колошение – полная спелость	0,844					0,829				
Посев – полная спелость	0,673					0,860				

После цветения до молочной спелости зерна резко возрастает количество факторов и напряженность их связей с урожайностью. По силе связей факторы располагаются в следующем порядке: относительная W воздуха ( $\eta_{yx}=0,944$ ),  $t_{max}$  ( $\eta_{yx}=0,866$ ), запас влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,842$ ), осадки ( $\eta_{yx}=$$

0,842),  $\sum dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,824$ ), суммарное испарение ( $\eta_{yx}=0,818$ ), среднесуточный  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,792$ ), среднесуточная  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,719$ ),  $t_{\min}$  ( $\eta_{yx}=0,703$ ) и  $\sum T$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,701$ ).

Количество сильно действующих факторов в период от молочной до восковой спелости несколько снижается и отдельные из них меняются ролями в смысле напряженности связей по сравнению с предыдущим периодом.

В этот период наибольшая зависимость урожайности наблюдается от среднесуточной  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,888$ ), среднесуточным  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,874$ ), относительной  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,796$ ),  $\sum dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,786$ ), суммарного испарения ( $\eta_{yx}=0,752$ ),  $\sum T$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,718$ ), осадков ( $\eta_{yx}=0,711$ ) и запаса влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,708$ ).

На этапе созревания (восковая – полная спелость) значимость подавляющего числа погодных факторов резко снижается. Можно отметить лишь роль  $t_{\min}$  ( $\eta_{yx}=0,730$ ), где связь входит в категорию сильной, запасов влаги в почве ( $\eta_{yx}=0,693$ ), относительной  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,692$ ) и  $\sum T$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,656$ ), где связи относятся к категории средних.

При сопоставлении погодных условий первого периода вегетации с урожайностью яровой твердой пшеницы обнаруживается наиболее сильное действие среднесуточного  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,946$ ), затем относительной  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,790$ ),  $t_{\max}$  ( $\eta_{yx}=0,730$ ) и  $\sum$  влаги ( $\eta_{yx}=0,714$ ).

Во втором периоде вегетации (колошение – полная спелость) в отличие от первого, с урожайностью сильно коррелируют 7 факторов из 11 изученных. Наиболее сильная связь обнаруживается с осадками ( $\eta_{yx}=0,930$ ), относительной  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,904$ ), среднесуточным  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,899$ ), суммой влаги ( $\eta_{yx}=0,844$ ), расходом влаги ( $\eta_{yx}=0,829$ ), максимальной  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,814$ ), а также среднесуточной  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,731$ ) и  $\sum T$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,788$ ).

В целом в течение всего периода вегетации главными погодными факторами оказались относительная  $W$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,939$ ), осадки ( $\eta_{yx}=0,880$ ), расход влаги ( $\eta_{yx}=0,860$ ) и среднесуточная  $t$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,782$ ). Из остальных факторов важны сумма влаги ( $\eta_{yx}=0,673$ ), среднесуточный  $dW$  воздуха ( $\eta_{yx}=0,624$ ) и  $t_{\min}$  ( $\eta_{yx}=0,617$ ).

Совершенно очевидно, что для понимания роли действующих погодных факторов на формирование величин урожайности растений нужно вы-

явить степень варьирования этих факторов по периодам их вегетации, а также вариабельности ответной реакции самих растений в агроценозе.

Анализ полученных данных свидетельствует об устойчивом нарастании от начала вегетации яровой твердой пшеницы к ее завершающим этапам среднесуточной  $t$  воздуха с 14,6 до 22,3-22,7°C, максимальной  $t$  воздуха с 25,8 до 30,3-34,7°C, минимальной  $t$  воздуха с 5,5-6,8 до 12,2-13,7°C, осадков с 9,7-12,6 до 20,9-23,2 мм и среднесуточного  $dW$  воздуха с 6,7-6,8 до 9,9-11,6 мм.

Все это способствует последовательному снижению запасов влаги в метровом слое почвы с 98-157,9 до 41,0-53,9-71 и 23,8 мм на последних этапах вегетации (табл. 2, рис. 1). Что касается остальных показателей, то они определяются продолжительностью межфазных периодов.

*Таблица 2.* Динамика показателей погодных факторов по межфазным периодам яровой твердой пшеницы на чернозёме южном в степи центральной зоны Оренбургского Предуралья (1987-1990 гг.)

Периоды	Средние показатели погодных факторов за межфазные периоды									
	$t_{cp.}$ , °C	$\Sigma T$ , °C	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм	Осад -ки, мм	Относ. W воздуха, %	$dW$ воздуха, мм	$\Sigma dW$ воздуха, мм	Суммарное испарение, мм
Посев-всходы	14,6 ± 2,6	149,5 ± 28,9	25,8 ± 1,22	6,8 ± 4,5	157,9 ± 19,0	12,6 ± 7,6	58 ± 3,3	6,8 ± 2,1	68,8 ± 14	44,6 ± 9,2
Всходы–кущение	16,5 ± 1,56	175,6 ± 32,8	28,3 ± 1,37	5,5 ± 3,0	98 ± 33,2	9,7 ± 11,9	5,3 ± 10	6,7 ± 2,2	72,9 ± 26,9	47,3 ± 17,5
Кущение – выход в трубку	19,5 ± 1,91	335 ± 70,2	34,7 ± 3,0	6,2 ± 2,0	112,6 ± 30,9	11,3 ± 1,2	50,9 ± 5,5	10,4 ± 1,7	188,1 ± 42,2	122,5 ± 27,1
Выход в трубку - колошение	22,7 ± 2,8	228,9 ± 49,2	33,4 ± 3,96	13,7 ± 1,6	71 ± 6,8	11,4 ± 14,5	53,2 ± 9,8	11,6 ± 4,2	120,9 ± 51,6	78,5 ± 33,5
Колошение – цветение	22,3 ± 3,2	86,8 ± 18,2	30,3 ± 3,8	13,7 ± 2,9	-	-	55,2 ± 13,6	11,3 ± 4,2	43,5 ± 16,1	28,4 ± 10,6
Цветение – молочная спелость	22,7 ± 2,1	322,3 ± 31,8	33,9 ± 1,98	13,2 ± 3,8	53,9 ± 30,1	20,9 ± 18,4	55,6 ± 8,0	10,7 ± 3,1	151,2 ± 43,0	96,9 ± 27,1
Молочная – восковая спелость	22,3 ± 2,34	257,8 ± 43,7	33,3 ± 2,6	13,8 ± 3,6	41 ± 6,8	27,2 ± 18,0	62,0 ± 3,2	9,9 ± 3,0	110,5 ± 14,9	71,8 ± 9,6
Восковая – полная спелость	22,4 ± 2,15	252,0 ± 56,2	34,6 ± 3,39	12,2 ± 3,1	23,8 ± 20,1	12,5 ± 18,0	56,0 ± 11,0	10,8 ± 4,1	107,8 ± 33,1	70,1 ± 21,6

При общем характере этой динамики показателей погодных факторов выявлена совершенно неоднозначная картина их варьирования в каждом периоде роста и развития яровой твердой пшеницы (табл. 3, рис. 2).

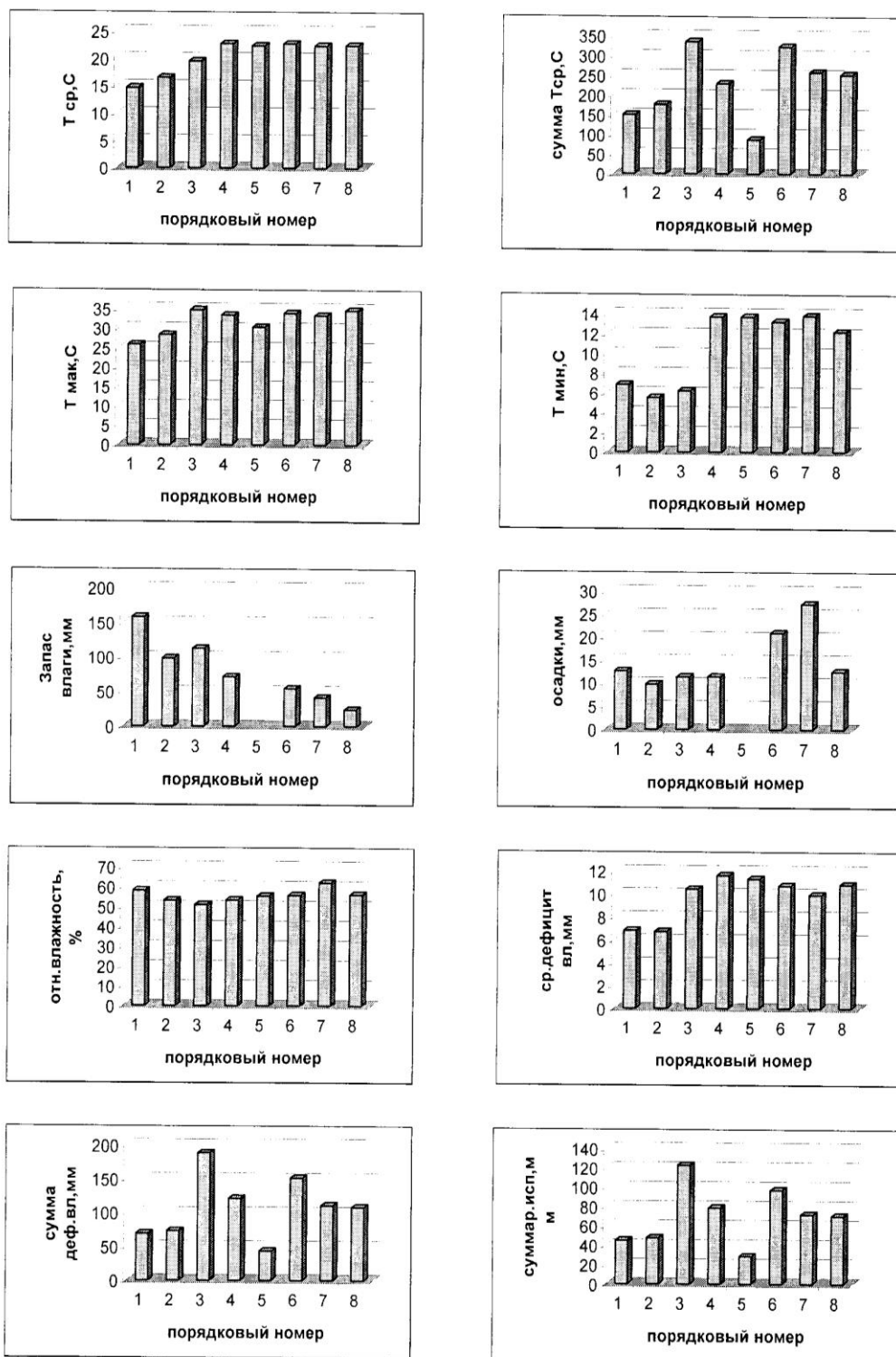


Рис. 1. Динамика показателей погодных факторов по межфазным периодам яровой твердой пшеницы на черноземе южном в степи центральной зоны Оренбургского Предуралья (1987 -1990 гг.)



Тем не менее, на протяжении всех межфазных периодов вегетации относительно более устойчиво вели себя максимальная  $t$  воздуха ( $v = 4,74-12,47\%$ ), среднесуточная  $t$  воздуха ( $v = 4,82-17,75\%$ ) и относительная  $W$  воздуха ( $v = 5,64-24,5\%$ ).

Таблица 3. Вариабельность погодных факторов за межфазные периоды яровой твёрдой пшеницы и её урожайностью на чернозёме южном в степи центральной зоны Оренбургского Предуралья (1987-1990 гг.)

Период	Коэффициенты вариации погодных факторов и урожайности, в %									
	$t_{cp},$ °C	$\Sigma T,$ °C	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм	Осад- ки, мм	Относ. $W$ воз- духа, %	$dW$ возду- ха, мм	$\Sigma dW$ воз- духа, мм	Сум- марное испаре- ние, мм
Посев-всходы	<u>17,75*</u>	<u>19,33</u>	<u>4,74</u>	<u>66,8</u>	<u>12,06</u>	<u>60,31</u>	<u>5,64</u>	<u>10,42</u>	<u>20,4</u>	<u>20,59</u>
	33,3	29,71	30,31	31,9	26,54	33,40	33,76	33,04	28,09	28,55
Всходы – кущение	<u>9,43</u>	<u>19,30</u>	<u>4,85</u>	<u>55,02</u>	<u>33,84</u>	<u>122,16</u>	<u>18,79</u>	<u>33,59</u>	<u>36,88</u>	<u>36,96</u>
	23,1	25,44	31,52	32,07	34,58	33,31	33,74	31,48	30,4	29,57
Кущение – выход в трубку	<u>4,85</u>	<u>20,95</u>	<u>8,68</u>	<u>32,03</u>	<u>27,42</u>	<u>74,60</u>	<u>10,80</u>	<u>16,56</u>	<u>22,42</u>	<u>22,15</u>
	32,65	31,16	29,27	30,29	33,96	30,64	33,66	31,25	28,86	30,17
Выход в трубку - колошение	<u>12,3</u>	<u>21,5</u>	<u>11,88</u>	<u>12,04</u>	<u>9,65</u>	<u>127,37</u>	<u>18,44</u>	<u>36,44</u>	<u>42,63</u>	<u>42,72</u>
	24,98	23,75	30,83	32,02	30,25	32,99	32,19	29,41	29,97	31,87
Колошение – цветение	<u>14,35</u>	<u>21,02</u>	<u>12,47</u>	<u>21,26</u>	<u>55,82</u>	-	<u>24,56</u>	<u>37,0</u>	<u>37,04</u>	<u>37,29</u>
	34,0	30,18	31,92	33,19	33,16		26,75	32,14	25,20	24,70
Цветение - мо- лочная спелость	<u>9,28</u>	<u>9,85</u>	<u>5,83</u>	<u>29,21</u>	<u>59,64</u>	<u>88,24</u>	<u>14,48</u>	<u>29,4</u>	<u>28,41</u>	<u>27,94</u>
	33,13	34,98	30,94	29,17	28,22	40,44	33,91	31,41	29,84	31,19
Молочная - вос- ковая спелость	<u>10,51</u>	<u>16,95</u>	<u>7,82</u>	<u>26,182</u>	<u>84,27</u>	<u>146,48</u>	<u>15,84</u>	<u>29,95</u>	<u>13,47</u>	<u>13,45</u>
	32,92	34,11	30,5	27,25	28,73	32,76	31,49	33,03	33,23	33,51
Восковая – полная спелость	<u>9,60</u>	<u>22,31</u>	<u>9,80</u>	<u>25,11</u>	<u>101,06</u>	<u>144,38</u>	<u>19,54</u>	<u>37,72</u>	<u>30,74</u>	<u>30,72</u>
	30,90	33,25	26,98	28,55	28,86	35,54	25,20	27,19	31,47	32,63
Посев – колошение	<u>9,64</u>	<u>4,40</u>	<u>4,51</u>	<u>31,45</u>	<u>12,06</u>	<u>35,54</u>	<u>7,55</u>	<u>19,54</u>	<u>13,59</u>	<u>14,09</u>
	33,53	24,49	31,49	31,64	26,54	28,67	33,36	33,17	22,92	31,48
Колошение – полная спелость	<u>10,28</u>	<u>6,25</u>	<u>7,35</u>	<u>18,54</u>	<u>55,82</u>	<u>60,26</u>	<u>6,66</u>	<u>28,63</u>	<u>17,42</u>	<u>17,42</u>
	29,71	31,12	32,72	27,90	33,16	30,92	32,59	31,09	22,22	34,89
Посев – полная спелость	<u>6,65</u>	<u>4,23</u>	<u>4,80</u>	<u>22,62</u>	<u>12,06</u>	<u>41,78</u>	<u>11,84</u>	<u>18,27</u>	<u>13,38</u>	<u>13,32</u>
	20,08	31,99	31,93	27,58	26,54	30,41	32,71	29,35	30,17	30,48
Период	Коэффициенты вариации факторов, в %									
	Сумма влаги, мм					Расход влаги, мм				
Посев – колошение	<u>14,75</u>					<u>23,12</u>				
	22,62					24,38				
Колошение – полная спелость	<u>56,06</u>					<u>60,71</u>				
	29,19					30,60				
Посев – полная спелость	<u>26,44</u>					<u>21,11</u>				
	30,79					32,80				

Примечание: \* в числителе –  $v\%$  фактора; в знаменателе –  $v\%$  урожайности

Среднее положение занимала сумма среднесуточных температур воздуха ( $v=9,85-22,31\%$ ). Затем следовали среднесуточный  $dW$  воздуха ( $v=16,56-$

37,72%), суммарное испарение ( $v=13,45-42,72\%$ ) и сумма dW воздуха ( $v=13,47-42,63\%$ ).

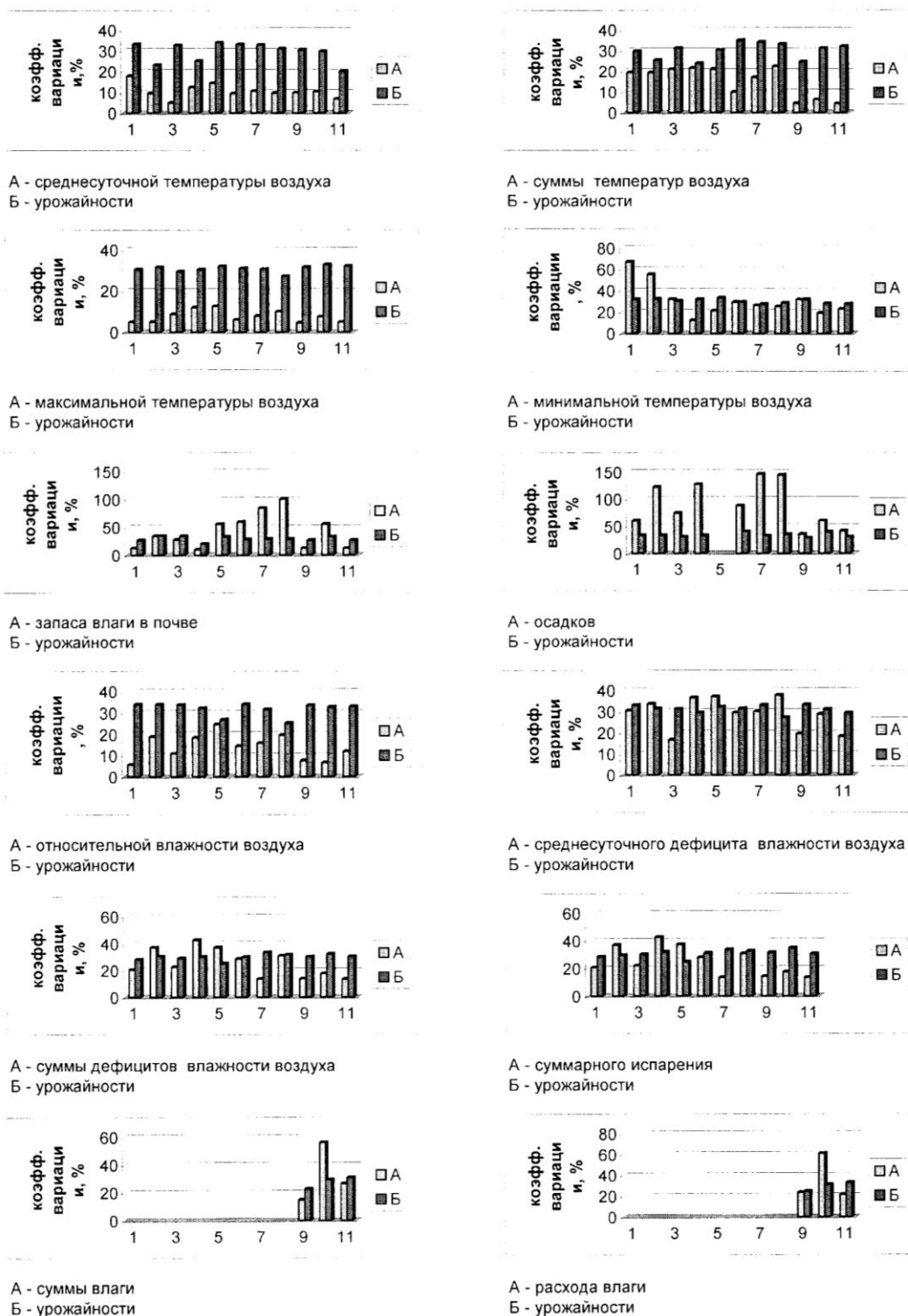


Рис. 2. Коэффициенты вариации (v%) погодных факторов за межфазные периоды (А) и урожайности (Б) яровой твердой пшеницы в степной зоне центра Оренбургского Предуралья (1987 -1990 гг, чернозем южный)

Сильнее всего варьировали минимальная  $t$  воздуха ( $v=12,04-66,8\%$ ), запас влаги в почве ( $v=9,65-101,06\%$ ) и осадки ( $v=60,3-146,48\%$ )

Заметим, что наиболее неустойчиво ведут себя показатели осадков, запасов влаги и увлажнения воздуха в ответственные (критические) для растений периоды – как до цветения, так и после него, до созревания. Что касается ответной реакции растений по конечному показателю (урожайности), то она варьирует в пределах 23,1-40,4%. Ответные реакции яровой твердой пшеницы на изменение погодных факторов по периодам (варьирование кустистости, накопления биомассы, числа всходов, растений к уборке, их продуктивности и т.п.) являются предметом дальнейших специальных исследований.

С учетом имеющихся данных, изложенных в настоящей работе, нами получены уравнения, на основе которых определены параметры погодных факторов, определяющих уровень вероятной урожайности яровой твердой пшеницы. Модели приведены в таблице 4.

Урожайность яровой твердой пшеницы до 5 ц с 1 га формируется под сильным воздействием отдельных погодных факторов, смягчить которое не могут другие положительно действующие факторы. В период от кущения до выхода в трубку (закладка параметров колоса) к снижению урожайности до 3,7 ц с 1 га приводит среднесуточная  $t$  воздуха  $21,7^{\circ}\text{C}$  в совокупности со среднесуточным  $dW$  воздуха 14 мм. В период от цветения до молочной спелости зерна важнейшее значение имеет сумма  $T$  воздуха. При суммарной  $T - 385,8^{\circ}\text{C}$  урожайность составляет 4,1 ц с 1 га. Вместе с ней среднесуточный  $dW$  воздуха – 16,2 мм, сумма  $dW$  воздуха 230,1 мм и суммарное испарение 149,7 мм приводят к снижению урожайности до 4,7-4,8 ц с 1 га, от начала молочной до восковой спелости сумма  $t$  воздуха  $153,3^{\circ}\text{C}$  (4,2 ц с 1 га) и относительная  $W$  воздуха на уровне 44% (4,9 ц с 1 га). В целом же, если за период «колошение – полная спелость» среднесуточная  $t$  воздуха составит  $26^{\circ}\text{C}$ , то урожайность может снизиться до 3,9 ц с 1 га, а при  $t_{\max} = 31,9^{\circ}\text{C}$  – до 2,6 ц с 1 га. За весь период вегетации ведущая роль принадлежит относительной  $W$  воздуха. При ее средней величине 46% урожайность составляет 4,6 ц с 1 га.

При формировании урожайности в классе от 5,1 до 10 ц с 1 га в целом за вегетацию наибольшему ее снижению способствуют сумма  $t$  воздуха  $1630,9^{\circ}\text{C}$  (5,9 ц с 1 га), недобор осадков – 42,2 мм (6 ц с 1 га) и повышенный  $dW$  воздуха – 11,7 мм (7,1 ц с 1 га).

Таблица 4. Параметры моделей погодных факторов в межфазные периоды вегетации яровой твёрдой пшеницы, оказывающие решающее воздействие на её урожайность на чернозёме южном в степи центральной зоны Оренбургского Предуралья

Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	$t_{cp}, ^\circ C$	$\Sigma T, ^\circ C$	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм
Урожайность до 5 ц с 1 га					
Посев-всходы	-	-	-	-	-
Всходы – кущение	-	-	-	-	-
Кущение – выход в трубку	<u>21,5</u> 3,7	-	-	-	-
Выход в трубку – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – цветение	-	-	-	-	-
Цветение - молочная спелость	-	<u>385,8</u> 4,1	-	-	-
Молочная - восковая спелость	-	<u>153,3</u> 4,2	-	-	-
Восковая – полная спелость	-	-	-	-	-
Посев – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – полная спелость	<u>26,0</u> 3,9	-	<u>31,9</u> 2,6	-	-
Посев – полная спелость	-	-	-	-	-
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	Осадки, мм	Относ. W воздуха, %	dW воздуха, мм	$\Sigma dW$ воздуха, мм	Суммарное испарение, мм
Посев-всходы	-	-	-	-	-
Всходы – кущение	-	-	-	-	-
Кущение – выход в трубку	-	-	<u>14,0</u> 3,7	-	-
Выход в трубку – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – цветение	-	-	-	-	-
Цветение - молочная спелость	-	-	<u>16,2</u> 4,7	<u>230,1</u> 4,8	<u>149,7</u> 4,7
Молочная - восковая спелость	-	<u>44,0</u> 4,9	-	-	-
Восковая – полная спелость	-	-	-	-	-
Посев – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – полная спелость	-	-	-	-	-
Посев – полная спелость	-	<u>46,0</u> 4,6	-	-	-

Продолжение Таблицы 4

Урожайность от 5,1 до 10,0 ц с 1 га					
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	$t_{cp.}, ^\circ C$	$\Sigma T, ^\circ C$	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм
Посев-всходы	-	<u>151,0</u> 7,8	-	<u>0,3-3,6</u> 8,6-7,1	<u>132,4</u> 8,5
Всходы – кущение	<u>14,4</u> 8,5	<u>119,5</u> 7,9	-	<u>2,2</u> 7,8	<u>119</u> 8,5
Кущение – выход в трубку	-	<u>412,5</u> 7,9	<u>36,6-38,8</u> 7,5-8,4	<u>4,7-13,2</u> 8,5-9,8	-
Выход в трубку – колошение	-	<u>311,1</u> 6,5	-	-	<u>95,4</u> 6,0
Колошение – цветение	<u>17,8</u> 7,2	<u>69,9</u> 8,6	<u>24,8</u> 8,3	<u>9,6</u> 6,1	-
Цветение – молочная спелость	<u>26,5</u> 5,8	<u>265,2</u> 10,0	<u>31,3-36,9</u> 9,2-6,0	<u>8,6-12,8</u> 9,5-7,2	<u>17,3</u> 5,7
Молочная - восковая спелость	<u>25,2</u> 5,4	-	-	<u>8,4</u> 9,4	<u>10,6</u> 7,0
Восковая – полная спелость	-	<u>192,5</u> 8,6	-	<u>12,8</u> 6,1	-
Посев – колошение	-	1004/6,5	30,8/7,1	4,9/8,6	-
Колошение – полная спелость	<u>18,9</u> 7,2	<u>816</u> 5,30	<u>29,3</u> 8,8	<u>10,0</u> 8,1	-
Посев – полная спелость	<u>18,1</u> 8,1	<u>1630,3</u> 5,9	-	<u>7,4</u> 8,6	-
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	Осадки, мм	Относ. W воздуха, %	dW воздуха, мм	$\Sigma dW$ воздуха, мм	Суммарное испарение, мм
Посев-всходы	<u>19,6</u> 5,7	<u>62</u> 6,5	<u>5,2</u> 7,0	<u>52,5</u> 6,8	<u>34,1</u> 6,5
Всходы – кущение	<u>1,4</u> 6,6	<u>56</u> 5,8	<u>7,8</u> 6,2	-	-
Кущение – выход в трубку	<u>3,3</u> 7,3	<u>42</u> 5,4	-	<u>238,5</u> 7,5	<u>155,0</u> 7,4
Выход в трубку – колошение	<u>35,7</u> 8,6	<u>68</u> 7,7	-	-	-
Колошение – цветение	-	<u>79</u> 7,9	-	-	-
Цветение - молочная спелость	<u>3,3</u> 7,0	<u>45-66</u> 5,3-9,3	<u>7,4</u> 9,1	-	-
Молочная - восковая спелость	-	-	<u>6-14,4</u> 8,5-5,7	<u>94,8-99,8</u> 9,2-6,8	<u>55,1-63,8</u> 8,7-7,6
Восковая – полная спелость	-	<u>44-74</u> 7,4-9,1	-	-	-
Посев – колошение	-	<u>53,4</u> 7,3	<u>9,8</u> 5,2	-	-
Колошение – полная спелость	<u>7,5</u> 5,8	<u>44-70</u> 5,2-9,1	<u>6-14,6</u> 8,9-5,4	<u>282-504</u> 7,9-5,4	<u>183,3-327,6</u> 7,7-5,3
Посев–полная спелость	<u>42,2</u> 6,0	<u>64</u> 8,5	<u>6,8-11,7</u> 9,1-7,1	-	-

Продолжение Таблицы 4

Урожайность от 10,1 до 15 ц с 1 га					
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	$t_{cp.}, ^\circ C$	$\Sigma T, ^\circ C$	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм
Посев-всходы	-	<u>113,1-193</u> 11,8-13,1	-	<u>10,2</u> 13,6	<u>189,8</u> 11,7
Всходы – кущение	<u>19,3</u> 13,2	<u>230,9</u> 12,7	-	<u>10,2</u> 13,2	-
Кущение – выход в трубку	<u>16,0</u> 12,8	-	<u>31,1</u> 14,2	-	<u>160,8</u> 13,7
Выход в трубку – колошение	<u>27,0</u> 12,8	<u>233,7</u> 11,7	-	-	-
Колошение – цветение	29,2/14,6	35,6/11,6	37,5/15,0	18,3/14,8	-
Цветение - молочная спелость	<u>20,4</u> 12,9	<u>303,9</u> 12,1	<u>33,7</u> 12,7	<u>18,2</u> 13,1	<u>68,5</u> 13,2
Молочная - восковая спелость	<u>22,2</u> 14,1	<u>295,3</u> 12,3	-	-	<u>54,8</u> 12,6
Восковая – полная спелость	-	-	-	<u>9,6</u> 10,3	-
Посев – колошение	-	<u>906,9</u> 10,9	<u>28,8-32,2</u> 14,8-10,8	<u>11,9</u> 13,2	-
Колошение – полная спелость	<u>23,4</u> 12,8	-	<u>35,2</u> 13,2	<u>17,4</u> 12,9	-
Посев – полная спелость	<u>19,3</u> 11,8	<u>1979,5</u> 13,2	-	<u>14,6</u> 13,3	-
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	Осадки, мм	Относ. W воздуха, %	dW воздуха, мм	$\Sigma dW$ воздуха, мм	Суммарное испарение, мм
Посев-всходы	<u>0,00</u> 12,8	<u>53-55</u> 12,7	<u>7,7-11,4</u> 13,4-14,5	<u>90,0</u> 12,7	<u>58,5</u> 12,8
Всходы – кущение	<u>37,4</u> 14,1	<u>70</u> 13,4	<u>4,6-11,2</u> 12,6-13,8	-	-
Кущение – выход в трубку	<u>19,9</u> 12,9	<u>58</u> 14,4	<u>7,9</u> 14,0	<u>126</u> 14,2	<u>81,9</u> 14,3
Выход в трубку – колошение	<u>0,00</u> 13,0	<u>58</u> 13,7	-	-	-
Колошение – цветение	-	<u>59,2</u> 12,2	-	-	-
Цветение - молочная спелость	<u>52,5</u> 13,1	<u>56,9</u> 14,7	<u>10,5</u> 12,5	<u>111-140,6</u> 11,2-12,0	<u>72,6-94,4</u> 10,7-11,9
Молочная - восковая спелость	<u>3,4-51,3</u> 11,5	<u>60,0</u> 13,5	<u>9,7</u> 13,0	-	-
Восковая – полная спелость	-	<u>60,6</u> 13,0	-	-	-
Посев – колошение	-	<u>48-60</u> 12,6-15,4	<u>7,5-12,6</u> 12,6-15,2	-	-
Колошение – полная спелость	<u>66,6</u> 13,2	<u>59,2</u> 13,1	<u>9,7</u> 13,5	<u>383</u> 13,5	<u>249,4</u> 13,9
Посев – полная спелость	<u>118,2</u> 12,6	<u>56,1</u> 14,6	<u>9,1</u> 13,2	-	-

Продолжение Таблицы 4

Урожайность от 15,1 до 20 ц с 1 га					
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	$t_{cp.}, ^\circ C$	$\Sigma T, ^\circ C$	$t_{max}$	$t_{min}$	Запас влаги к севу, мм
Посев-всходы	-	-	-	-	-
Всходы – кущение	-	-	-	-	-
Кущение – выход в трубку	-	<u>192,7</u> 21,7	-	-	-
Выход в трубку – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – цветение	-	<u>142,4</u> 21,8	-	-	-
Цветение - молочная спелость	-	-	-	-	-
Молочная - восковая спелость	-	-	-	-	-
Восковая – полная спелость	-	<u>385,7</u> 15,3	-	<u>17,6</u> 15,3	<u>8,5</u> 19,3
Посев – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – полная спелость	-	<u>1084,1</u> 15,3	-	-	-
Посев – полная спелость	-	-	-	-	-
Период	Показатели погодных факторов и урожайность				
	Осадки, мм	Относ. W воздуха, %	dW воздуха, мм	$\Sigma dW$ воздуха, мм	Суммарное испарение, мм
Посев-всходы	-	-	-	-	-
Всходы – кущение	-	-	-	-	-
Кущение – выход в трубку	-	-	-	-	-
Выход в трубку – колошение	-	-	-	-	-
Колошение – цветение	-	-	-	-	-
Цветение - молочная спелость	-	-	-	-	-
Молочная - восковая спелость	-	-	-	<u>134,2</u> 17,4	<u>87,3</u> 17,0
Восковая – полная спелость	-	-	-	-	-
Посев – колошение	-	<u>60,0</u> 15,4	<u>12,4</u> 15,2	-	-
Колошение – полная спелость	-	-	-	-	-
Посев – полная спелость	-	-	-	-	-

Примечание: в таблице выделены только показатели сильно действующих факторов. Параметры других факторов (их пределы) показаны в табл. 2.

При этом урожайность складывается наименьшей, если за второй период вегетации в целом сумма среднесуточных  $t$  воздуха составляет  $816^{\circ}\text{C}$  (5,2 ц с 1 га), осадков выпадает 7,5 мм (5,8 ц с 1 га), относительная  $W$  воздуха равна 44%, среднесуточный  $dW$  воздуха 14,6 мм (5,4 ц с 1 га), сумма  $dW$  воздуха 504 мм (5,4 ц с 1 га) и суммарное испарение 327,6 мм (5,3 ц с 1 га).

За второй период вегетации (колошение – полная спелость) более детально по фазам наибольший недобор урожайности может быть вызван высокой среднесуточной  $t$  воздуха ( $26,5\text{--}25,2^{\circ}\text{C}$ ) за период «цветение – молочная спелость»;  $t_{\max}=36,9^{\circ}\text{C}$  за период «цветение – молочная спелость»,  $t_{\min}=9,6^{\circ}\text{C}$  в период «колошение – цветение» и  $12,8^{\circ}\text{C}$  в период от восковой до полной спелости; низким запасом влаги в почве (17,3 мм в цветении), относительной  $W$  воздуха 45% от цветения до молочной спелости, высоким  $dW$  воздуха 14,4 мм в период от молочной до восковой и 9,8 мм от восковой до полной спелости и  $\sum dW$  воздуха 99,8 мм в период молочно-восковой спелости. Урожайность во всех случаях изменяется от 5,2 до 6,8 ц с 1 га.

Повышение или снижение указанных показателей в сторону благоприятности для растений способствует росту урожайности от 7 до 9,8 ц с 1 га.

В первом периоде вегетации (посев – колошение) на будущей урожайности могут отрицательно сказываться высокая  $\sum T$  воздуха ( $311,1^{\circ}\text{C}$  в период от выхода в трубку до колошения), при небольшом количестве выпадающих осадков 1,4–19,6 мм за период от посева до выхода в трубку, последовательное снижение влажности воздуха с 62 до 42% в это же время, сухость воздуха ( $dW$  от 5,2 до 7,8 мм),  $\sum dW$  и суммарное испарение за период: посев – всходы соответственно на уровне 52,5 мм и 34,1 мм. Урожайность 5,4–7,0 ц с 1 га.

Анализ полученных уравнений свидетельствует о том, что за период вегетации яровой твердой пшеницы для получения урожайности на уровне от 10 до 15 ц с 1 га на черноземе южном в степной зоне Оренбургского Предуралья необходимы следующие показатели погодных факторов: среднесуточная  $t$  воздуха –  $19,3^{\circ}\text{C}$  (11,8 ц с 1 га), осадки – 118,2 мм (12,6 ц с 1 га), сумма  $t$  воздуха –  $1979,5^{\circ}\text{C}$  (13,2 ц с 1 га), среднесуточный  $dW$  воздуха – 9,1 мм (13,2 ц с 1 га),  $t_{\min}$  –  $14,6^{\circ}\text{C}$  (13,3 ц с 1 га) и относительная  $W$  воздуха – 56,1% (14,6 ц с 1 га), при всех прочих условиях в изученных пределах (табл. 2).

При этом репродуктивный период (колошение – полная спелость) свя-



зан с влиянием большего числа действующих факторов в сравнении с вегетативным (посев – колошение).

В репродуктивном периоде для формирования урожайности более 10 ц с 1 га необходима среднесуточная  $t$  воздуха – 22,4°C (12,8 ц с 1 га),  $t_{\min}$  – 17,4°C (12,9 ц с 1 га), относительная  $W$  воздуха – 59,2% (13,1 ц с 1 га), сумма осадков – 66,6 мм (13,2 ц с 1 га),  $t_{\max}$  не выше 35,2°C (13,2 ц с 1 га), среднесуточный  $dW$  воздуха – 9,7 мм (13,5 ц с 1 га), сумма  $dW$  воздуха – 389 мм и суммарное испарение 249,4 мм (13,9 ц с 1 га).

На отдельных этапах репродуктивного периода урожайность до 13 ц с 1 га формируется при  $\sum T$  воздуха 35,6°C в период: колошение – цветение (11,6 ц с 1 га) и относительной  $W$  воздуха 59,2% (12,2 ц с 1 га), затем от цветения до молочной спелости при суммарном испарении 72,6-94,4 мм (10,7-11,9 ц с 1 га), сумме  $dW$  воздуха 111-140,6 мм (11,2-12 ц с 1 га),  $\sum T$  воздуха 303,9°C (12,1 ц с 1 га), среднесуточном  $dW$  воздуха – 10,5 мм (12,5 ц с 1 га),  $t_{\max}$  – 33,7°C (12,7 ц с 1 га) и среднесуточной  $t$  воздуха – 20,4°C (12,9 ц с 1 га). В период от молочной до восковой спелости не повышают урожайность осадки (3,4-51,3 мм, 11,5 ц с 1 га), запас влаги 54,8 мм (12,6 ц с 1 га),  $\sum T$  воздуха 295,3°C (12,3 ц с 1 га) и среднесуточный  $dW$  воздуха – 9,7 мм (13,0 ц с 1 га), а от восковой до полной спелости  $t_{\min}$  – 9,6°C (10,3 ц с 1 га) и относительная  $W$  воздуха – 60,6% (13,0 ц с 1 га).

В классе от 13,1 до 15 ц с 1 га главными оказываются среднесуточная  $t$  воздуха – 29,2°C (14,6 ц с 1 га),  $t_{\min}$  – 18,3°C и  $t_{\max}$  – 35,6°C (15 ц с 1 га) в период «колошение – цветение»; затем от цветения до молочной спелости  $t_{\min}$  на уровне 18,2°C (13,1 ц с 1 га), осадки – 52,5 мм (13,1 ц с 1 га), запас влаги – 68,6 мм (13,2 ц с 1 га) и относительная  $W$  воздуха 56,9% (14,7 ц с 1 га), а от молочной до восковой спелости относительная  $W$  воздуха – 60% (13,5 ц с 1 га).

В вегетативном периоде (посев – колошение) будущей урожайности менее 13 ц с 1 га могут способствовать повышенная  $\sum T$  воздуха 230,9°C в период «всходы – кущение» и 233,7°C от кущения до выхода в трубку (12,7 т 11,7 ц с 1 га), отсутствие осадков до всходов (12,8 ц с 1 га) и от выхода в трубку до колошения (13 ц с 1 га), а также недостаточное их количество в период «всходы – кущение» – 19,9 мм (12,9 ц с 1 га); пониженная относительная  $W$  воздуха 53-54,7% до всходов (12,6-12,8 ц с 1 га), сумма  $dW$  воздуха 90 мм (12,7 ц с 1 га) и суммарное испарение – 58,5 мм (12,8 ц с 1 га) в этот же

довсходовой период.

Формированию будущей урожайности от 13,1 до 15 ц с 1 га в первом периоде вегетации яровой твердой пшеницы способствуют сумма  $t$  воздуха  $193,3^{\circ}\text{C}$  (13,1 ц с 1 га), среднесуточный  $dW$  воздуха 7,7-11,4 мм (13,4-14,5 ц с 1 га) и  $t_{\min}$  –  $10,2^{\circ}\text{C}$  (13,6 ц с 1 га) после посева до всходов; среднесуточная  $t$  воздуха  $19,3^{\circ}\text{C}$  (13,2 ц с 1 га),  $t_{\min}$  –  $10,2^{\circ}\text{C}$  (13,2 ц с 1 га), относительная  $W$  воздуха – 70% (13,4 ц с 1 га), среднесуточный  $dW$  воздуха – 11,2 мм (13,8 ц с 1 га), осадки – 37,4 мм (14,1 ц с 1 га) и запас влаги 149 мм (15 ц с 1 га) от всходов до кущения. На этапе от кущения до выхода в трубку запас влаги 160,8 мм (13,7 ц с 1 га),  $t_{\max}$  не более  $31,1^{\circ}\text{C}$  (14,2 ц с 1 га), среднесуточный  $dW$  воздуха – 7,9 мм (14 ц с 1 га),  $\sum dW$  воздуха – 126 мм (14,2 ц с 1 га), суммарное испарение 81,9 мм (14,3 ц с 1 га), относительная  $W$  воздуха – 58% (14,4 ц с 1 га), а от выхода в трубку до колошения относительная  $W$  воздуха не должна быть ниже 38% (13,7 ц с 1 га).

Достижение урожайности яровой твердой пшеницы от 15,1 до 20 ц с 1 га и более вероятно при условиях, когда сумма  $t$  воздуха в ответственные периоды ее роста и развития (формирования органов плодоношения и зерна) не превышает следующих показателей: за время прохождения фазы от кущения до выхода в трубку –  $192,7^{\circ}\text{C}$  (21,7 ц с 1 га), колошения – цветения –  $142,4^{\circ}\text{C}$  (21,8 ц с 1 га), от восковой до полной спелости –  $385,7^{\circ}\text{C}$  (15,3 ц с 1 га) и за период «колошение – полная спелость» –  $1084,1^{\circ}\text{C}$  (15,3 ц с 1 га). На этапе от молочной до восковой спелости сумма  $dW$  воздуха не должна превышать 134,2 мм (17,4 ц с 1 га) и суммарное испарение влаги – 87,3 мм (17,0 ц с 1 га). Для периода от восковой до полной спелости важнее  $t_{\min}$  на уровне  $17,6^{\circ}\text{C}$  (15,3 ц с 1 га) и сохранение некоторого количества влаги в почве – 8,5 мм (19,3 ц с 1 га).

Таким образом, на каждом этапе роста и развития проявляется своя группа сильно действующих факторов, под влиянием которой закладываются основные элементы продуктивности посева, которые в итоге могут или не могут быть реализованы в урожайности.

*В период «посев – всходы» их шесть: осадки, суммарное испарение, сумма  $dW$  воздуха, сумма  $t$  воздуха,  $t_{\min}$ , среднесуточный  $dW$  воздуха.*

*От всходов до кущения на первые места выходят три: среднесуточный  $dW$  воздуха, относительная  $W$  воздуха и осадки. Слабее действуют запас*

влаги в почве, относительная  $W$  воздуха, среднесуточный  $dW$  воздуха, сумма  $dW$  воздуха, среднесуточная  $t$  воздуха, сумма  $T$  воздуха и суммарное испарение. Осадки в силу их недостаточности и  $t_{\min}$  уходят на последний план.

В период от выхода в трубку до колошения заметна реакция на осадки и сумму  $T$  воздуха.

После колошения до цветения первостепенное значение приобретают  $t_{\min}$ , запас влаги в почве; относительная  $W$  воздуха и среднесуточная  $t$  воздуха влияют слабее.

Сложнейшим и важнейшим является период от цветения до молочной спелости зерна. В этом периоде сильные связи наблюдаются со всеми изученными факторами. Преимущество выпадает на факторы, отражающие сухость воздуха: относительная  $W$  воздуха, сумма  $dW$  воздуха, среднесуточный  $dW$  воздуха, усиление  $t_{\max}$ ; повышение суммарного испарения влаги; запасы влаги в почве, осадки противодействуют им. Роль среднесуточной  $t$  воздуха,  $\sum T$  воздуха и  $t_{\min}$  выглядит заметно слабее.

Напряженно складывается и период от молочной до восковой спелости. В это время конкурируют шесть факторов против двух. На первые места по значимости выходят среднесуточная  $t$  воздуха, среднесуточный  $dW$  воздуха, относительная  $W$  воздуха, сумма  $dW$  воздуха и суммарное испарение. Роль осадков, суммы  $T$  воздуха, запасов влаги снижается, а  $t_{\max}$  и  $t_{\min}$  не имеют значения.

В период от восковой до полной спелости важна роль  $t_{\min}$ . Действие остальных факторов резко снижается.

Рост и развитие яровой твердой пшеницы в засушливой степи на черноземе южном Оренбургского Предуралья проходят под действием исключительно варьирующих погодных факторов, определяющих сухость воздуха при непрерывном нарастании температурного режима. При этом особую значимость неустойчивость погодных факторов имеет в критические периоды (всходы – кущение, кущение – выход в трубку, цветение – молочная спелость, молочная - восковая спелость). Противостоять этим факторам могут лишь накапливаемые высокие запасы влаги и их рациональное использование. Полученные нами параметры моделей позволяют составить представление о возможностях формирования урожайности яровой твердой пшеницы в этих условиях и реальных рисках.

## **Заключение**

Подводя итоги проведенного анализа, считаем возможным заключить, что на современном этапе развития научных исследований и практики ведения сельскохозяйственного производства крайне недостаточно оперировать фактами о полученной урожайности и объяснять свои неудачи общими фразами о случившейся засухе, отсутствии осадков, суховеи и других природных катаклизмах.

Сегодня необходимо конкретное знание особенностей каждой сельскохозяйственной культуры в плане ее потребностей к факторам среды произрастания, способности ее противостоять этим неблагоприятным факторам, параметров отрицательно действующих факторов на каждом этапе ее роста и развития.

Получение подобных знаний для применения более совершенных технологий по управлению жизненными процессами растений в посевах на сельскохозяйственном поле возможно лишь на базе использования методов математического моделирования.

Представленная работа является одной из первых попыток решать названную проблему в засушливой степи Оренбургского Предуралья на черноземе южном. Она может служить пособием для развития исследований в подобном плане, а полученные модели будут полезны как руководство для специалистов, занятых на производстве яровой твердой пшеницы.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Крючков А.Г., Япиев И.Ф. Заключительный отчет о НИР на тему: „Разработать математические модели прогноза основных показателей качества зерна яровой сильной и твердой пшеницы, применительно к зонам Оренбургской области”. Заключительный по этапу за 1987-1991 гг. Оренбург, 1991. 147 с.
2. Бюллетени Оренбургской Гидрометеосерватории за 1987-1990 гг. Оренбург.
3. Шульмейстер К.Г. Борьба с засухой и урожай. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1988. 263 с.
4. Бараев А.И., Бакаев Н.М., Веденева М.Л. и др. Яровая пшеница. М.: Колос, 1978. 428 с.
5. Максютов Н.А. Биологическое и ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала. Оренбург: Печатный дом «Димур», 2004. 204 с.
6. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. М.: Колос, 1996. 367 с.

*Поступила 2.12.2014 г.*

*(Контактная информация: **Крючков Анатолий Георгиевич** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ „Оренбургский НИИ-ИСХ”; адрес: 4600051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1; тел. 71-04-88, e-mail: orniish@mail.ru)*