

УДК 551.583+632.112 (633.11)

## **Особенности засухи 2012 г. на Урале и в Западной Сибири и ее влиянии на урожайность яровых зерновых культур**

***А.И. Страшная, Б.А. Бирман, О.В. Береза***

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр  
Российской Федерации, г. Москва, Россия  
ais@mecom.ru, chub@mecom.ru*

Выполнен анализ продолжительности и интенсивности засухи 2012 г. в сравнении с 2010 г. Установлено, что на урожайность яровой пшеницы в Уральском федеральном округе в наибольшей степени оказывают влияние условия увлажнения в мае-июне, в Западной Сибири в июне-июле. Рассчитана повторяемость сильных и средних засух за эти периоды и сильных засух по месяцам вегетационного периода яровых зерновых культур (май-август). Показано, что по влиянию на урожайность яровой пшеницы засуха 2012 г. была самой жесткой в этих регионах за период с 2000 года.

*Ключевые слова:* атмосферная засуха, риски, агрометеорологические условия, метеорологические факторы, урожайность, яровая пшеница

## **Peculiarities of drought in 2012 in the Urals and in Western Siberia and its impact on the yield of spring grain crops**

***A.I. Strashnaya, B.A. Birman, O.V. Bereza***

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia  
ais@mecom.ru, chub@mecom.ru*

The analysis of the duration and intensity of drought in 2012 compared to 2010. Established that the yield of spring wheat in the Urals Federal District is most influent by humidification conditions in May-June, in Western Siberia in June-July. The frequency of strong and medium droughts during these periods and severe droughts over the months of the growing season of spring crops (May-August) is calculated. Shown that the drought of 2012 was the most severe in these regions over the period from 2000 on the impact on the yield of spring wheat.

*Keywords:* atmospheric drought, risks, agrometeorological conditions, meteorological factors, productivity, spring wheat

### **Введение**

Меняющийся глобальный климат, участвовавшие экстремальные проявления этих изменений – засухи, сильные ливни, ураганы и наводнения во многих странах, в том числе и в России, ведут к большим социально-экономическим потерям. Особую значимость эти экстремальные явления

имеют для сельского хозяйства в связи с высокой уязвимостью его от режима погоды и климата. В отличие от многих других стран, Россия обеспечена природными ресурсами для ведения сельскохозяйственного производства, достаточными не только для получения продукции для внутреннего потребления, но и для экспорта одного из основных видов продовольствия – зерна, а также и других продуктов. Однако стабильность производства зерна существенно зависит от складывающихся в конкретные годы погодно-климатических условий, весьма различных в разных сельскохозяйственных регионах [2–5, 9].

Как известно, наиболее значительный недобор зерна в нашей стране наблюдается в годы сильных и обширных засух. В [10, 12] нами показаны недоборы зерна и снижение урожайности в годы засух за период с 1946 года, включая жестокую засуху 2010 года, охватившую основные зернопроизводящие регионы. Эпицентр ее располагался в Приволжском федеральном округе, охватывая юго-восток Центрального, северо-восток Южного, юг Уральского федеральных округов, а также и отдельные юго-западные районы Западной Сибири. Гибель сельскохозяйственных культур вследствие засухи в этом году произошла на площади 13,3 млн га, на оставшейся площади урожайность резко снизилась, в результате валовой сбор зерна составил всего 60,9 млн тонн, или 56 % от максимального в современной России (с 1991 года) сбора зерна, наблюдавшегося в благоприятном по условиям увлажнения 2008 году. В наибольшей степени от засухи пострадали яровые зерновые культуры, так как озимые в период закладки колоса в основных районах использовали достаточные весенние влагозапасы в почве. Так, например, в Приволжском федеральном округе урожайность наиболее ценной яровой культуры (яровой пшеницы) более чем наполовину снизилась по сравнению со смежными (2009 и 2011 гг.) годами.

В 2011 году агрометеорологические условия для формирования урожая зерновых культур на преобладающей территории сельскохозяйственных районов России были в основном благоприятными. В большинстве субъектов Уральского федерального округа и Западной Сибири урожайность яровой пшеницы превысила среднюю многолетнюю. Однако в 2012 году обширная и сильная засуха охватила значительную часть территории Российской Федерации, но эпицентр ее располагался в основном на Урале и в Западной Сибири, где посевная площадь зерновых культур значительно меньше, чем на европейской части. Засушливые условия в этом году наблюдались также в ряде юго-восточных районов Приволжского и северо-восточных районов Южного федеральных округов, и гибель зерновых культур в Российской Федерации произошла на площади 5,76 млн га. Валовой сбор зерна составил 70,9 млн тонн (т. е. лишь на 10,0 млн тонн превысил валовой сбор 2010 г.). При этом в районах эпицентра засухи 2012 г. (Урал и Западная Сибирь) ущерб от засухи был значительным: в Уральском федеральном округе урожайность ценной продовольственной

культуры региона – яровой пшеницы снизилась по сравнению с предшествующим 2011 г. на 44 %, в Западной Сибири – на 30 %, а валовой сбор зерна был более чем в два раза меньше, чем в 2011 г. В связи со столь большим ущербом необходимо было установить показатели агрометеорологических условий формирования урожайности яровых зерновых культур в 2012 г., вызвавшие значительное снижение производства зерна и его дефицит на региональном уровне.

Следует отметить, что исследований, посвященных влиянию засух на урожайность преобладающих на Урале и в Западной Сибири яровых зерновых культур, выявлению тенденций в динамике засух (засушливости) в этих регионах в последние два-три десятилетия практически не проводилось. В то же время в связи с необходимостью разработки мероприятий по адаптации сельского хозяйства к меняющимся погодно-климатическим условиям такие исследования являются актуальными.

### **Агрометеорологические условия в мае – июле 2012 года**

Рассмотрим агрометеорологические условия, которые складывались в вегетационный период 2012 г. для формирования урожая яровых зерновых культур в основном применительно к яровой пшенице, зерно которой отличается высоким содержанием белка и высоко ценится на мировых и внутренних рынках. Анализ этих условий выявил особенности развития засухи 2012 г. Так, в апреле на рассматриваемой территории никаких предвестников для развития засухи не наблюдалось. В условиях преобладания теплой погоды часто проходили дожди, их количество почти повсеместно превысило норму. Весенне-посевные работы начались в третьей декаде апреля, в основном при благоприятных условиях. Первая половина мая характеризовалась неустойчивой погодой с осадками разной интенсивности, однако во второй половине месяца установилась жаркая погода, особенно на Урале и в прилегающих районах Западной Сибири. Средняя за третью декаду мая температура воздуха в большинстве районов превысила норму на 3,0–4,5 °С, лишь в Алтайском крае и Кемеровской области она была близкой к норме. Количество осадков в мае в большинстве субъектов рассматриваемой территории составило (в среднем по субъектам) 71–130 % нормы (табл. 1).

Условия для появления всходов яровых зерновых культур были в основном благоприятными, так как имеющиеся в почве запасы продуктивной влаги были достаточными (25–40 мм в пахотном слое). Дефицит осадков наблюдался в Челябинской, Курганской, Кемеровской областях и в Алтайском крае, где их количество составило 60–67 % нормы. В этих субъектах начали развиваться засушливые условия. Значения гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК), показывающего величину соотношения приходной части водного баланса (осадки) к максимально возможной величине его расходной части – испаряемости,

выраженной суммой активных температур воздуха (выше 10 °С) в Челябинской и Курганской областях в мае составили 0,46–0,51, что соответствует критериям сильной атмосферной засухи, в Алтайском крае 0,72 – засухе средней интенсивности [6, 7, 11].

**Таблица 1.** Агрометеорологические показатели, характеризующие засуху 2012 и 2010 гг.

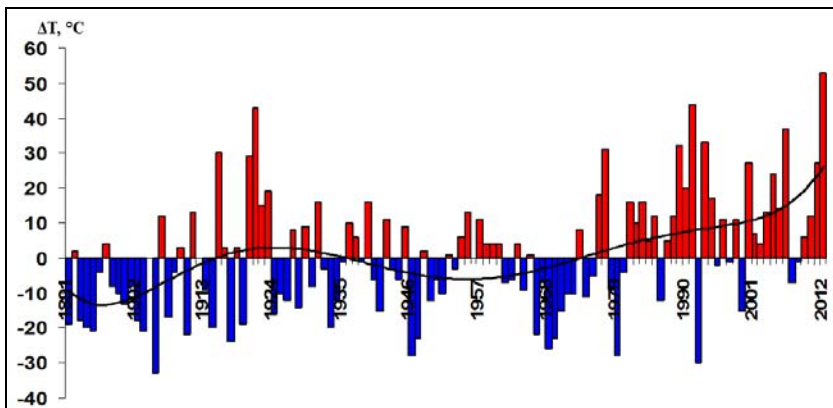
**Table 1.** Agrometeorological indicators characterizing the drought in 2012 and 2010

Территория	Осадки, % от нормы			Отклонение температуры воздуха от нормы, °С			Гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК)			Запасы влаги, мм, в слое почвы 0–20 см		
	май	июнь	июль	май	июнь	июль	май	июнь	июль	май	июнь	июль
<b>Уральский ФО, 2012 г.</b>												
Курганская область	60	49	42	2,0	3,9	2,9	0,51	0,56	0,38	17	9	3
Свердловская область	88	130	54	2,5	3,5	2,0	0,86	0,94	0,65	33	22	21
Челябинская область	63	53	34	2,5	3,7	3,6	0,46	0,48	0,35	16	7	2
Тюменская область	87	131	50	2,1	4,0	2,2	0,92	1,61	0,51	26	33	16
<b>Западная Сибирь, 2012 г.</b>												
Алтайский край	67	108	98	0,4	3,6	2,5	0,72	0,68	0,75	21	8	4
Новосибирская область	71	82	31	0,4	4,1	3,3	0,89	0,69	0,35	24	10	2
Кемеровская область	63	56	50	0,8	4,7	2,6	0,87	0,41	0,45	36	10	2
Омская область	130	128	34	1,6	4,5	2,8	1,07	1,26	0,28	31	15	6
Томская область	81	45	20	1,7	6,0	2,3	1,58	0,20	0,12	41	16	8
<b>Уральский ФО, 2010г.</b>												
Курганская область	44	30	52	1,6	2,4	0,7	0,34	0,50	0,54	19	9	6
Свердловская область	97	60	45	3,6	2,6	1,9	1,18	1,16	0,63	45	21	12
Челябинская область	51	16	96	3,6	5,6	3,1	0,48	0,25	0,25	10	8	8
Тюменская область	75	53	39	2,1	1,4	0,0	0,75	1,03	0,52	24	17	5
<b>Западная Сибирь, 2010 г.</b>												
Алтайский край	77	44	128	-1,3	0,6	-2,1	0,88	1,59	1,39	25	20	29
Новосибирская область	79	43	77	-1,0	0,7	-1,5	0,98	0,84	1,01	28	22	22
Кемеровская область	72	54	145	-1,2	0,6	-1,2	1,55	1,09	2,09	37	18	55
Омская область	59	37	40	0,7	2,2	-0,5	0,56	0,66	0,52	29	21	14
Томская область	77	58	84	-1,2	0,2	-1,5	1,95	1,28	1,28	33	30	41

В начале июня как в Уральском федеральном округе, так и в Западной Сибири установилась аномально жаркая погода, которая удерживалась до конца месяца. Практически в каждой из трех декад средняя температура

воздуха превышала норму на 3,5–6,0 °С, а местами и более. Такой же величины положительная аномалия температуры оказалась в большинстве районов и в целом за месяц. Дневная температура воздуха более чем в половине дней месяца повышалась до 30...35 °С, в отдельные дни во многих пунктах были превышены абсолютные максимумы температуры, наблюдавшиеся за весь период метеорологических наблюдений [1].

Июнь 2012 г. в Уральском и Сибирском федеральных округах оказался самым теплым за период с 1891 г. На рис. 1 показана аномалия средней температуры воздуха (в масштабе 0,1 °С) в Уральском федеральном округе в июне за 1891–2012 гг., где хорошо отражена тенденция роста положительной аномалии июньской температуры, начиная с 70-х годов, максимальной аномалия температуры была в 2012 г. Тенденция роста положительной аномалии средней за июнь температуры воздуха наблюдалась и в Сибирском федеральном округе (рис. 2). Выражена она несколько слабее, но максимальная ее величина за весь период (1891–2012 гг.) как и в Уральском федеральном округе, была в 2012 г. [1].

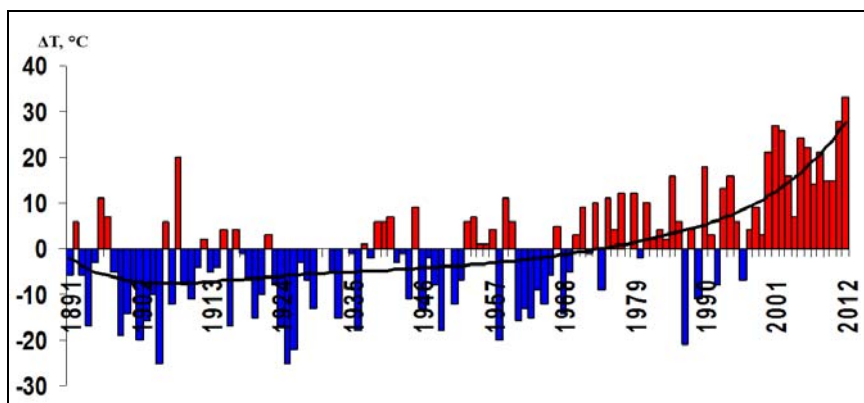


**Рис. 1.** Аномалия средней температуры воздуха ( $\Delta T$ , °С) в Уральском федеральном округе в июне за период с 1891 по 2012 г.

**Fig.1.** Anomaly of the average air temperature ( $\Delta T$ , °С) in the Urals Federal District in June for the period from 1891 to 2012.

В условиях аномально жаркой погоды в южной половине Уральского федерального округа и на северо-востоке Западной Сибири в июне наблюдался значительный дефицит осадков, их количество составило всего от 45 до 56 % нормы (табл. 1). Гидротермический коэффициент увлажнения в Челябинской, Курганской, Кемеровской областях составил 0,41–0,56, что соответствует сильной атмосферной засухе, в Томской области он был 0,20, это значение соответствует очень сильной засухе. В течение 9–17 дней июня на большей части территории этих субъектов наблюдались суховейные явления, относительная влажность воздуха понижалась до 16–30 %. В таких условиях верхний слой почвы быстро терял влагу и уже

во второй декаде июня в ряде районов указанных выше субъектов к атмосферной засухе присоединилась почвенная засуха. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы понизились до плохих (10 мм и менее), что было крайне неблагоприятным для роста растений и закладки колоса, так как потребность во влаге у зерновых культур в этот период значительная [7, 11]. В дневные часы растения теряли тургор, многие гидрометстанции отмечали преждевременное засыхание листьев, а местами и стеблей, пониженное количество заложившихся колосков в колосе пшеницы.



**Рис. 2.** Аномалия средней температуры воздуха ( $\Delta T$ , °C) в Сибирском федеральном округе в июне за период с 1891 по 2012 г.

**Fig. 2** Anomaly of the average air temperature ( $\Delta T$ , °C) in the Siberian Federal District in June for the period from 1891 to 2012.

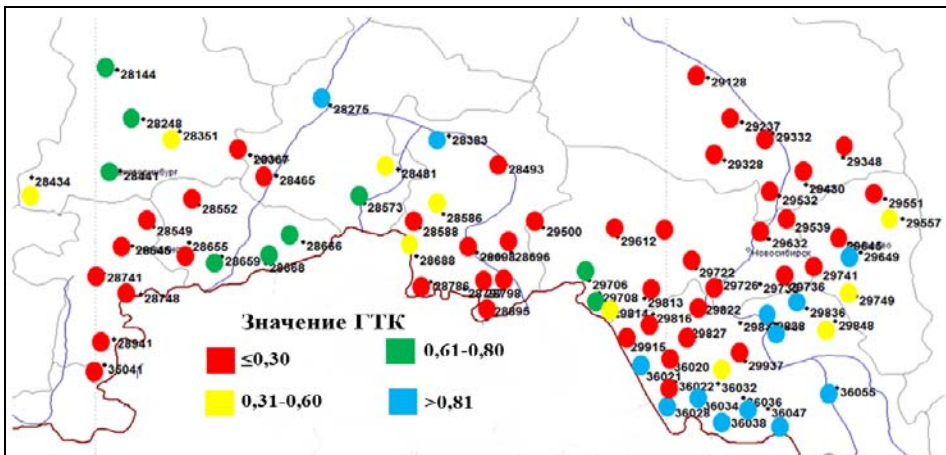
В начале июля в связи со сменой атмосферной циркуляции жара ослабела, но с середины месяца она вновь усилилась. Во второй и третьей декадах во многих районах средняя температура воздуха превышала норму на 3–7 °C. Средняя за июль температура превысила норму в основном на 2,5–3,6 °C. Осадков в июле было крайне мало. При этом значительный дефицит их наблюдался практически во всех субъектах рассматриваемой территории. Количество осадков за месяц составило от 20 % нормы в Томской до 54 % в Свердловской областях и лишь в Алтайском крае выпало 98 % нормы осадков (табл. 1). В большинстве субъектов в июле наблюдалась сильная атмосферная засуха (ГТК составлял от 0,35 до 0,51), в Томской и Омской областях засуха была очень сильной (ГТК был равен, соответственно, 0,12 и 0,28). При этом во всех указанных субъектах наблюдались суховейные явления, атмосферная засуха сочеталась с сильной почвенной засухой – запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы составляли в основном от 2 до 8 мм. Лишь в Свердловской области и в Алтайском крае атмосферная засуха в июле была средней интенсивности (ГТК составлял 0,65–0,75).

В большинстве районов агрометеорологические условия для цветения и налива зерна в июле были неблагоприятными, колос у растений сформировался мелким, количество зерен в колосе во многих районах

было на 25–50 % меньше средних значений, щуплость зерна составляла 20–40 %.

Анализ агрометеорологических условий вегетации яровых зерновых культур в 2012 г. на Урале и в Западной Сибири выявил особенности в развитии и распространении засухи в этом году по сравнению с засухой 2010 г. Так, засушливые условия в 2012 г. начали развиваться уже в мае, когда во многих районах значительный дефицит осадков наблюдался на фоне повышенного температурного режима, особенно в Уральском федеральном округе. В 2010 г. в Западной Сибири май был прохладным, а в Уральском федеральном округе – очень теплым. В большинстве районов наблюдался дефицит осадков, их количество составило 51–75 %. (табл. 1).

Июнь в 2012 г., как отмечалось выше, был самым жарким месяцем за период с 1891 г. (рис. 1, 2). В июне 2010 г. погода в Западной Сибири была умеренно теплой, средняя за месяц температура воздуха оказалась близкой к норме, однако в большинстве районов Уральского федерального округа она значительно (на 2,4–5,6 °С) превысила норму. В южных районах Урала атмосферная засуха сочеталась с почвенной засухой. Количество осадков в июне 2010 г. в Уральском федеральном округе и в Западной Сибири было значительно меньше нормы, в Челябинской области их количество составило всего 16 % нормы. В июле 2012 г. очень сильная, сильная и средняя атмосферная засуха (рис. 3), а также и почвенная засуха наблюдались практически на всей территории Урала и Западной Сибири, а в 2010 г. – только на Урале, в Западной Сибири засухи не было, за исключением Омской области, где сильная засуха наблюдалась в мае и июле.



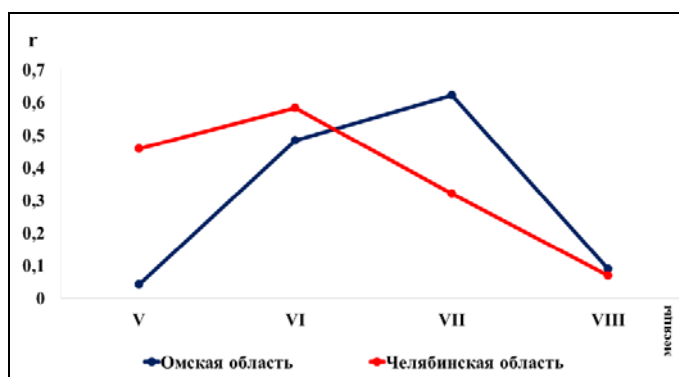
**Рис. 3.** Очень сильная (ГТК  $\leq 0,30$ ), сильная (ГТК 0,31–0,60) и средняя (ГТК 0,61–0,80) атмосферная засуха в Уральском федеральном округе и Западной Сибири в июле 2012 г. (по данным гидрометстанций).

**Fig. 3.** Very strong (ГТК  $\leq 0.30$ ), strong (ГТК 0.31–0.60) and medium (ГТК 0.61–0.80) atmospheric drought in the Urals Federal District and Western Siberia in July 2012 (according to hydrometeorological stations).

В целом можно констатировать, что на большей части территории Уральского федерального округа интенсивность засухи в 2012 г. была почти такой же, как и в 2010 г., урожайность яровой пшеницы в округе в эти годы составила, соответственно, 11,3 и 11,9 ц/га, почти одинаковым был и валовый сбор зерна: 2,14 и 2,15 млн тонн. В Западной Сибири, где в 2010 г. на преобладающей территории засухи практически не было, средняя урожайность яровой пшеницы в 2010 г. составила 14,4 ц/га, тогда как в условиях наблюдавшейся в 2012 г. в большинстве районов (кроме Алтайского края) сильной засухи урожайность пшеницы составила 10,3 ц/га, а валовый сбор зерна был более чем в два раза меньше, чем в 2010 году.

### Определение влияния агрометеорологических условий на формирование урожайности яровой пшеницы

Для определения периодов, когда агрометеорологические условия в большей степени оказывают влияние на урожайность яровой пшеницы, были рассчитаны и проанализированы матрицы связей урожайности пшеницы за 1987–2016 гг. с гидротермическим коэффициентом увлажнения по месяцам вегетационного периода яровой пшеницы (май – август). Оказалось, что в субъектах Уральского федерального округа тесная связь урожайности пшеницы наблюдалась с ГТК за июнь, а также за май (несколько в меньшей степени). В Западной Сибири более тесная связь выявилась с ГТК за июль и в меньшей степени за июнь. На рис. 4 это хорошо видно на примере Челябинской (Уральский федеральный округ) и Омской (Западная Сибирь) областей.



**Рис. 4.** Связь урожайности яровой пшеницы с ГТК за май – август (динамика коэффициентов корреляции,  $r$ ) за период 1987–2016 гг. по Омской и Челябинской областям.

**Fig.4.** The connection of the spring wheat yield with GTC in May–August (the dynamics of the correlation coefficients,  $r$ ) for the period 1987–2016 in Omsk and Chelyabinsk regions.



В Челябинской области коэффициенты корреляции между урожайностью яровой пшеницы и ГТК, рассчитанные за период 1987–2016 гг., в мае и июне составляли 0,47–0,58, а в июле они снижались до 0,32. В Омской области в июне и июле они были равны, соответственно, 0,49 и 0,62. В мае такой связи в субъектах Западной Сибири не выявлено, что можно объяснить тем, что на этой территории яровая пшеница в мае только сеется, влагозапасы в почве в мае бывают в основном достаточными и влияние на урожайность атмосферной засухливости практически не проявляется. На юге Уральского федерального округа, где в мае уже появляются всходы, на их равномерность и укоренение влияют как запасы влаги в почве, так и дефицит осадков, т. е. засухливости. В августе, когда уже идет созревание, а в отдельных хозяйствах в южных районах начинается уборка, связь была незначимой.

Нами была рассчитана повторяемость сильных засух ( $ГТК \leq 0,60$ ), которые оказывают значительное влияние на урожайность, по месяцам вегетационного периода пшеницы – май-август (табл. 2). Оказалось, что такие засухи в регионе наблюдаются во все месяцы этого периода. В Уральском федеральном округе наибольшая повторяемость сильных засух наблюдается в мае и июне, в субъектах Западной Сибири повторяемость таких засух в июле несколько больше, чем в июне, в мае она почти такая же, лишь в Новосибирской области повторяемость существенно больше, т. е. наблюдаются такие засухи в трех годах из десяти.

**Таблица 2.** Повторяемость сильных засух ( $ГТК \leq 0,60$ ) в вегетационный период яровой пшеницы (1987–2016 гг.)

**Table 2.** Reiteration of severe droughts ( $ГТК \leq 0,60$ ) during the growing season of spring wheat (1987-2016)

Территория	Месяцы			
	май	июнь	июль	август
<b>Уральский ФО</b>				
Свердловская область	2	3	1	2
Челябинская область	8	9	6	5
Курганская область	12	10	7	8
Тюменская область	2	4	4	1
<b>Западная Сибирь</b>				
Омская область	8	7	7	5
Новосибирская область	9	4	6	5
Томская область	2	1	4	1
Кемеровская область	1	1	2	0
Алтайский край	4	2	0	6

Исследования показали, что в субъектах Уральского федерального округа наибольшая теснота связей урожайности яровой пшеницы наблюдается со средним ГТК за май-июнь, а в субъектах Западной Сибири

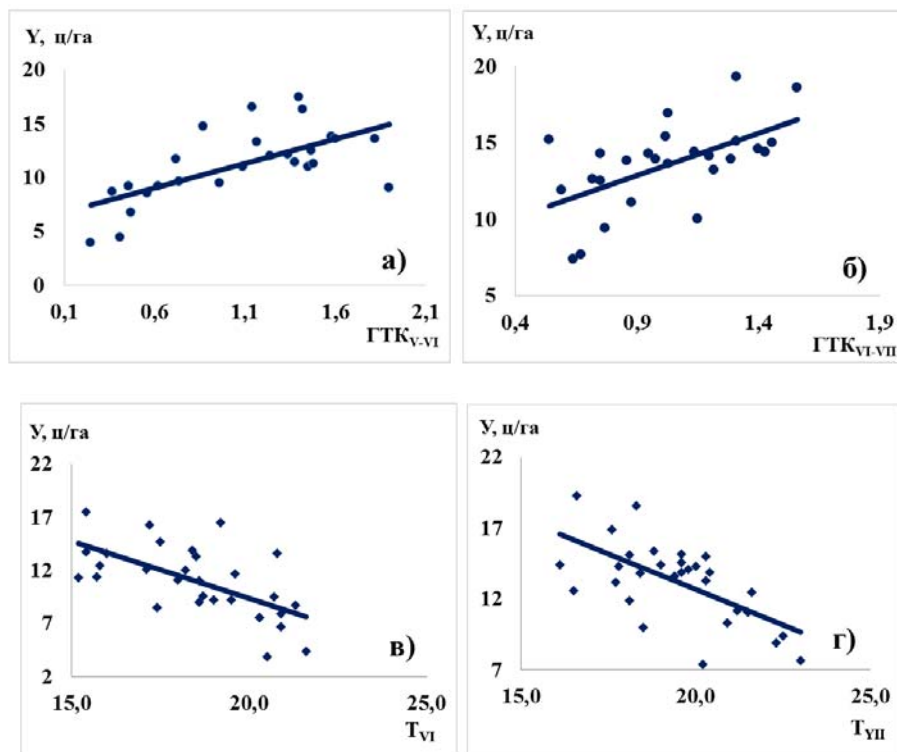
за июнь-июль. На рис. 5 а, б показана зависимость урожайности яровой пшеницы от среднего за май-июнь ГТК по Челябинской и среднего ГТК за июнь-июль по Омской областям. Связь описывается линейными уравнениями вида:

по Челябинской области:

$$Y_{\text{яр.пш.}} = 4,529\text{ГТК}_{\text{V-VI}} + 6,331; R = 0,65;$$

по Омской области:

$$Y_{\text{яр.пш.}} = 5,504\text{ГТК}_{\text{VI-VII}} + 7,919; R = 0,60.$$



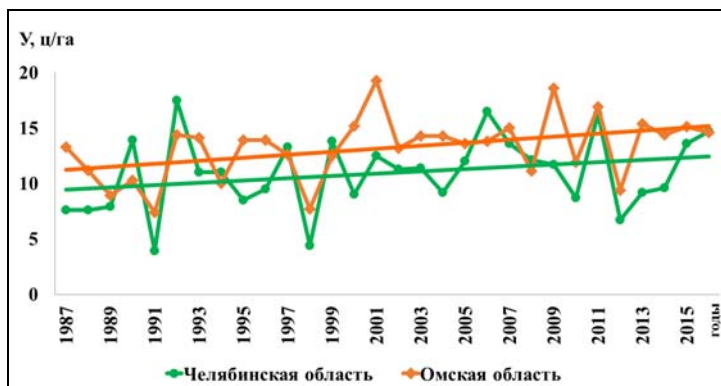
**Рис. 5.** Зависимость урожайности яровой пшеницы от ГТК за май-июнь и средней температуры воздуха за июнь по Челябинской области (а, в), ГТК за июнь-июль и средней температуры воздуха за июль по Омской областям (б, г).

**Fig.5.** Dependence of the yield of spring wheat from the GTC for May-June and the average air temperature in June for Chelyabinsk (a, c), GTC for June-July and the average air temperature in July for Omsk regions (b, d).

Судя по **рассчитанным** коэффициентам детерминации **в приведенных уравнениях** (равным, соответственно, 0,42 и 0,36), около 40 % изменчивости урожайности яровой пшеницы объясняются засушливыми условиями в указанные месяцы. Как видно на рис. 5 а, б, урожайность

выше средней формируется в основном при ГТК за указанные периоды, равном 0,90 и более как в Челябинской, так и в Омской областях. Свой вклад в формирование урожайности вносит температура воздуха, а также условия уборки [8]. В Уральском федеральном округе наибольшее влияние на урожайность оказывает температура июня, в субъектах Западной Сибири – июля. В качестве примера такие зависимости показаны на рис. 5 в, г по Челябинской и Омской областям. Можно отметить, что значительное снижение урожайности наблюдалось при средней температуре воздуха в эти месяцы выше 20 °С.

Для анализа динамики урожайности были рассчитаны (построены) тренды урожайности яровой пшеницы за период 1987–2016 гг. и отклонения от них по всем субъектам рассматриваемой территории. Типичный для субъектов Уральского федерального округа тренд урожайности пшеницы по Челябинской области, а для Западной Сибири по Омской области показаны на рис. 6.



**Рис. 6.** Динамика урожайности яровой пшеницы по Челябинской и Омской областям и линии трендов за период с 1987 по 2016 гг.

**Fig. 6.** Dynamics of the yield of spring wheat in the Chelyabinsk and Omsk regions and the trend line for the period from 1987 to 2016.

При анализе погодичных отклонений урожайности от трендов оказалось, что значительные отклонения урожайности от тренда (равные 20 % и более) в Уральском федеральном округе наблюдались в 40 % случаях в годы, когда значения ГТК в среднем за май-июнь составляли в основном 0,80 и менее (т. е. когда засуха была средней и сильной интенсивности на значительной территории зерносеющих районов округа). Для Западной Сибири такие отклонения наблюдались примерно в 20 % случаев (в годы, когда ГТК за июнь-июль составлял 0,80), т. е. засухи были в эти годы как средней, так и сильной интенсивности. Тренды урожайности на приведенных рисунках в обоих субъектах достаточно хорошо выражены, хотя тренды ГТК, как показал анализ, соответственно, за май-июнь и июнь-июль выражены слабее при значительных колебаниях год от года.

В определенной степени это можно объяснить тем, что в Уральском федеральном округе в период 2002–2016 гг. количество сильных засух в период май-июнь по сравнению с 1987–2001 гг. уменьшилось незначительно (в Челябинской области с 4 до 3 засух), и рост ГТК от начала периода (1,05) к концу его (1,10) практически не выражен. В Омской области (в период июнь-июль) количество сильных засух уменьшилось, соответственно, от 3 до 1 (табл. 3), и увеличение ГТК от начала к концу периода было существенным – от 0,77 до 1,17 (рис. 7). Таким образом, можно констатировать, что на Урале сложившаяся тенденция увлажнения применительно к возделыванию яровой пшеницы практически не меняется, тогда как в Западной Сибири выявлены тенденции улучшения условий увлажнения.

**Таблица 3.** Повторяемость сильных засух (ГТК  $\leq 0,60$ ) в мае-июне 1987–2016 гг. и по периодам (1987–2001 и 2002–2016 гг.)

**Table 3.** Reiteration of severe droughts (ГТК  $\leq 0.60$ ) in May-June in 1987-2016 and by periods (1987-2001 and 2002-2016)

Территория	Май-июнь			Июнь-июль		
	1987–2016	1987–2001	2002–2016 г.	1987–2016	1987–2001	2002–2016
<b>Уральский ФО</b>						
Свердловская область	0	0	0	1	1	0
Челябинская область	7	4	3	4	2	2
Курганская область	10	6	4	7	4	3
Тюменская область	0	0	0	2	2	0
<b>Западная Сибирь</b>						
Омская область	1	1	0	4	3	1
Новосибирская область	2	0	2	2	1	1
Томская область	0	0	0	1	0	1
Кемеровская область	0	0	0	1	0	1
Алтайский край область	0	0	0	0	0	0

В связи с тем, что значительное снижение урожайности яровой пшеницы в рассматриваемых регионах наблюдается и при средних засухах (ГТК  $\leq 0,80$ ), мы оценили вероятность (%) таких засух за весь основной период вегетации пшеницы (май – июль). Наибольшей (27–37 %) за период 1987–2016 гг. она оказалась в Курганской, Омской и Новосибирской областях, т. е. такие засухи наблюдались в этих субъектах примерно в 3–4 годах из 10. В Челябинской, Тюменской областях и в Алтайском крае такие засухи случались 1–2 раза в десять лет. Вероятность таких засух (ГТК  $\leq 0,80$ ) в наиболее ответственный период для формирования урожая яровой пшеницы (май-июнь) в Курганской и Челябинской областях соответствует 33–47 %, в Новосибирской и Омской областях (июнь-июль) 23–37 % (табл. 4).



**Рис. 7.** Динамика гидротермического коэффициента увлажнения (GTK) по Челябинской области в мае–июне и по Омской области в июне–июле 1987–2016 гг.

**Fig. 7.** Dynamics of the Hydrothermal Humidification Coefficient (GTK) for the Chelyabinsk region in May–June and in the Omsk region in June–July (1987–2016).

**Таблица 4.** Вероятность (%) сильных и средних засух (GTK ≤ 0,80) в Уральском федеральном округе (май–июнь), и Западной Сибири в июне–июле 1987–2016 гг.

**Table 4.** The probability (%) of strong and medium droughts (GTK ≤ 0.80) in the Urals Federal District (May–June), and in Western Siberia (June–July) (1987–2016)

Уральский ФО	Май–июль		Май–июнь	
	число случаев	вероятность, %	число случаев	вероятность, %
Свердловская область	1	3	4	13
Челябинская область	7	23	10	33
Курганская область	11	37	14	47
Тюменская область	4	13	3	10
Западная Сибирь	Май–июль		Июнь–июль	
	число случаев	вероятность, %	число случаев	вероятность, %
Омская область	10	33	11	37
Новосибирская область	8	27	7	23
Томская область	2	7	1	3
Кемеровская область	1	3	2	7
Алтайский край	5	17	4	13

Учитывая аномалию урожайности яровой пшеницы относительно трендов и значения GTK в наиболее важный для формирования урожайности период (май–июнь), в целом по Уральскому федеральному округу

можно сделать вывод, что в этом округе на большей части территории засухи средней и сильной интенсивности ( $ГТК \leq 0,80$ ) наблюдались в 1987, 1988, 1989, 1991, 1994, 1995, 1998, 2004, 2010, 2012, 2013 и 2014 гг. В Западной Сибири наиболее важный период для формирования урожая – июнь-июль. Засухи сильной и средней интенсивности ( $ГТК \leq 0,80$ ) в эти периоды случались реже: в 1989, 1991, 1994, 1998, 2012 гг.

### Заключение

На основании анализа агрометеорологических условий, сложившихся на рассматриваемой территории в 2012 г., можно сделать вывод о том, что засуха 2012 г. на территории Урала и Западной Сибири была продолжительной (с середины мая до второй декады августа) с короткими перерывами в середине июня и начале июля и преимущественно интенсивной. Особенно неблагоприятным фактором для формирования урожая яровых зерновых культур была рекордно жаркая погода в июне; этот месяц оказался самым теплым в этих районах за весь период метеонаблюдений (с 1891 г.). Июль же был аномально сухим. Атмосферная засуха, подобная июльской, наблюдалась редко: на большей части территории в двух-четырёх годах за период с 1961 г. Во многих районах она сочеталась с почвенной засухой. В связи с этим урожайность яровой пшеницы в субъектах Уральского федерального округа и Западной Сибири оказалась самой низкой за последние 18 лет. Выявилось также, что в Уральском федеральном округе существенного уменьшения условий увлажнения для возделывания яровой пшеницы практически не наблюдается, в Западной Сибири выявилась тенденция улучшения условий увлажнения, что необходимо учитывать при разработке мероприятий по адаптации агротехнологий возделывания яровых зерновых культур к наблюдаемым климатическим изменениям.

### Список литературы

1. Бирман Б.А., Бережная Т.В. Основные погодно-климатические особенности Северного полушария Земли за 2012 год: Аналитический обзор. М., 2012. 56 с
2. Бедрицкий А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Климатическая система и обеспечение гидрометеорологической безопасности жизнедеятельности в России // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 120-129.
3. Вильфанд Р.М., Страшная А.И. Климат, прогнозы погоды и агрометеорологическое обеспечение сельского хозяйства в условиях изменения климата // Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям: Сборник докладов международной научно-практической конференции. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. С. 23-38.
4. Вильфанд Р.М., Страшная А.И., Береза О.В. О динамике агроклиматических показателей условий сева, зимовки и формирования урожая основных зерновых культур // Труды Гидрометцентра России. 2016. Вып. 360. С. 45-78.
5. Гордеев А.В., Бутковский В.А. Россия – зерновая держава. М.: ДеЛи принт, 2009. 470 с.

6. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том. I. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия: Учебное пособие. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2011. 808 с.

7. Страшная А.И. Использование показателей увлажнения для оценки засушливости и прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур в Поволжском экономическом районе // Труды Гидрометцентра России. 1993. Вып. 327. С. 15-22.

8. Страшная А.И., Уланова Е.С., Астафьев В.А. О совершенствовании методов прогноза урожайности зерновых культур и их уточнении с учетом темпов уборки и динамики намолотов // Труды Гидрометцентра России. 2000. Вып. 335. С. 74-82.

9. Страшная А.И. Состояние и проблемы оперативного агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства на федеральном уровне в условиях глобального изменения климата // Труды ВНИИСХМ. 2007. Вып. 36. С. 78-91.

10. Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В. Агрометеорологические особенности засухи 2010 года в России по сравнению с засухами прошлых лет // Труды Гидрометцентра России. 2011. Вып. 345. С. 194-214.

11. Уланова Е.С., Страшная А.И. Засухи в России и их влияние на производство зерна // Труды ВНИИСХМ. 2000. Вып. 32. С. 64-83.

12. Фролов А.В., Страшная А.И. О засухе 2010 года и ее влиянии на урожайность зерновых культур // Сборник докладов совместного заседания Президиума Научно-технического совета Росгидромета и Научного совета РАН «Исследования по теории климата Земли». М.: Триада лтд, 2011. С. 22-31.

## References

1. Birman B.A., Berezhnaya T.V. Osnovnye pogodno-klimaticheskie osobennosti Severnogo polushariya Zemli za 2012 god: Analiticheskij obzor. Moscow, 2012. 56 p. [in Russ.].

2. Bedritskii A.I., Korshunov A.A., Khandozhko L.A., Shaimardanov M.Z. Climate system and hydrometeorological safety for societal and economic systems in Russia. *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2004, no. 1, pp. 83-90.

3. Vilfand R.M., Strashnaya A.I. Klimat, prognozy pogody i agrometeorologicheskoe obespechenie sel'skogo hozhaystva v usloviyah izmeneniya klimata // Adaptaciya sel'skogo hozhaystva Rossii k menyayushchimsya pogodno-klimaticheskim usloviyam: Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Moscow: Russian State Agrarian University - Timiryazev Agricultural Academy Publ., pp. 23-38 [in Russ.].

4. Vilfand R.M., Strashnaya A.I., Bereza O.V. O dinamike agroklimaticheskikh pokazatelej uslovij seva, zimovki i formirovaniya urozhaja osnovnyh zernovykh kul'tur [About the dynamics of the main agroclimatic indicators of conditions of sowing, wintering and formation of the yield of the main grain crops *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of Hydrometcenter of Russia], 2016, vol. 360, pp. 45-78. [in Russ.].

5. Gordeev A.V., Butkovskij V.A. Rossiya – zernovaja derzhava. Moscow: DeLi print Publ, 2009. 470 p. [in Russ.].

6. Gringof I.G., Kleshhenko A.D. Osnovy sel'skhozajstvennoj meteorologii. Tom. I. Potrebnost' sel'skhozajstvennykh kul'tur v agrometeorologicheskikh usloviyah i opasnye dlja sel'skhozajstvennogo proizvodstva pogodnye usloviya: Uchebnoe posobie. Obninsk: RIIGMI-WDC, 2011, 808 p. [in Russ.].

7. Strashnaya A.I. Ispol'zovanie pokazatelej uvlazhneniya dlja ocenki zasushlivosti i prognoza urozhajnosti zernovykh i zernobobovykh kul'tur v Povolzhskom jekonomicheskom rajone. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of Hydrometcenter of Russia], 1993, vol. 327, pp. 15-22. [in Russ.].

8. Strashnaya A.I., Ulanova E.S., Astaf'ev V.A. O sovershenstvovanii metodov prognoza urozhajnosti zernovykh kul'tur i ih utocnenni s uchetom tempov uborki i dinamiki namolotov. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of Hydrometcenter of Russia], 2000, vol. 335, pp. 74-82. [in Russ.].

9. *Strashnaja A.I.* Sostojanie i problemy operativnogo agrometeorologicheskogo obespechenija sel'skogo hozjajstva na federal'nom urovne v uslovijah global'nogo izmenenija klimata. *Trudy VNIISHM*, 2007, vol. 36, pp. 78-91 [in Russ.].

10. *Strashnaja A.I., Maksimenkova T.A., Chub O.V.* Agrometeorologicheskie osobennosti zasuhi 2010 goda v Rossii po sravneniju s zasuhami proshlyh let [Agrometeorological features of a drought of 2010 in Russia in comparison with droughts of last years]. *Trudy Gidromettsentra Rossii* [Proceedings of Hydrometcenter of Russia], 2011, vol. 345, pp. 194-214. [in Russ.].

11. *Ulanova E.S., Strashnaja A.I.* Zasuhi v Rossii i ih vlijanie na proizvodstvo zerna. *Trudy VNIISHM*, 2000, vol. 32, pp. 64-83 [in Russ.].

12. *Frolov A.V., Strashnaja A.I.* O zasuhe 2010 goda i ee vlijanii na urozhajnost' zernovyh kul'tur: Sbornik dokladov sovmestnogo zasedanija Prezidiuma Nauchno-tehnicheskogo soveta Rosgidrometa i Nauchnogo soveta RAN «Issledovanija po teorii klimata Zemli». Moscow: Triada ltd Publ., 2011, pp. 22-31. [in Russ.].

*Поступила в редакцию 23.04.2018 г.*

*Received by the editor 23.04.2018.*