

## Создание моделей погодных условий и агротехнических приёмов возделывания для формирования высокого качества клейковины в зерне яровой сильной пшеницы в Оренбургской области

*Г.Н. Сандакова, к.т.н., ФГБНУ Оренбургский НИИСХ*

Важнейшим фактором высокого хлебопекарного качества пшеничной муки является клейковина — своеобразный комплекс белковых веществ — глиадин и глютеин [1]. Под качеством клейковины понимают совокупность её физических свойств: растяжимость, упругость, эластичность, способность сохранять эти свойства во времени [1, 2] — один из основных показателей. Согласно действующему в России ГОСТу Р 52554—2006 качество клейковины в зерне сильной пшеницы должно быть не ниже 1-й группы (45—75 ед. ИДК-1, I и II класс стандарта) [3].

В Оренбургской области природные и климатические условия благоприятствуют выращиванию яровой сильной пшеницы с высокими технологическими и пищевыми достоинствами [4]. Однако в последние годы в области сокращаются посевные площади под производство сильной пшеницы, снижается её качество. По данным ФГБУ «Оренбургский референтный центр Россельхознадзора», в 2016 г. посевные площади сильной пшеницы составили 218 тыс. га, т.е. по сравнению с 2002 г. сократились в 4,6 раза.

В структуре посевов яровой мягкой пшеницы доля сильной сократилась с 96,0 в 1991—1995 гг. до 25% в 2016 г. Только 57% партий зерна яровой мягкой пшеницы сильных сортов в Оренбуржье по качеству клейковины (1-я группа — 45—75 ед. ИДК-1) соответствуют требованиям ГОСТа, предъявляемым к сильным пшеницам [4]. В современных условиях перед сельхозпроизводителями региона была поставлена задача — наращивание производства сильной пшеницы и улучшение её качества.

В решении вышеобозначенной задачи большое значение имеет определение роли климатических факторов и агротехнических приёмов в формировании зерна яровой сильной пшеницы с высоким качеством клейковины (1-я группа). Работа по математическому моделированию показателей качества зерна, в том числе клейковины, в зависимости от погодных условий и агротехнических приёмов возделывания проводится в Оренбургском НИИСХ на протяжении ряда лет [5—10].

**Материал и методы исследования.** При проведении исследования были использованы данные Государственной хлебной инспекции по Оренбургской области, представленные по результатам обследования качества зерна яровой мягкой пшеницы сильного сорта Саратовская 42 за 1966—2006 гг. (с 2007 г. обследования Государственной хлебной

инспекцией не проводятся), материалы АГМС г. Оренбурга и «Чебеньки» за период май — август 1966—2015 гг. и данные полевых опытов, проведённых на землях ОПХ «Урожайное» Оренбургского НИИСХ. В период вегетации культуры сложились условия, соответствующие засушливому типу степной зоны.

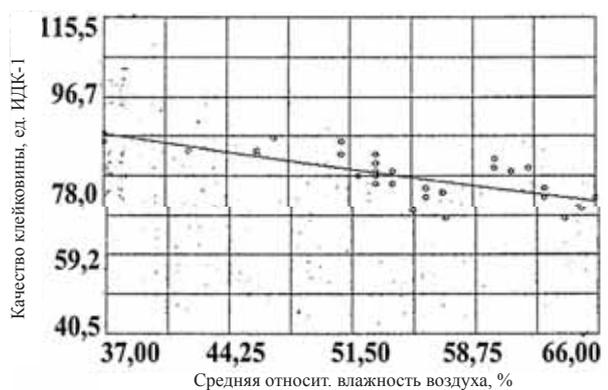
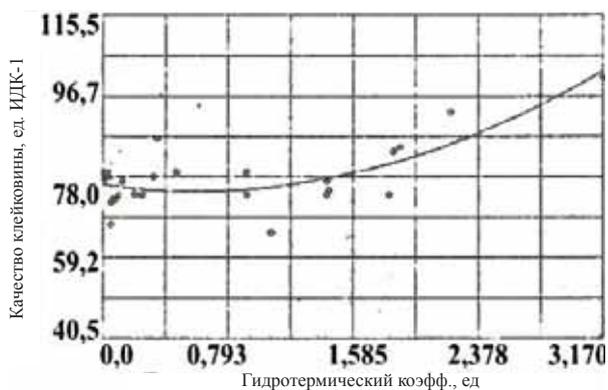
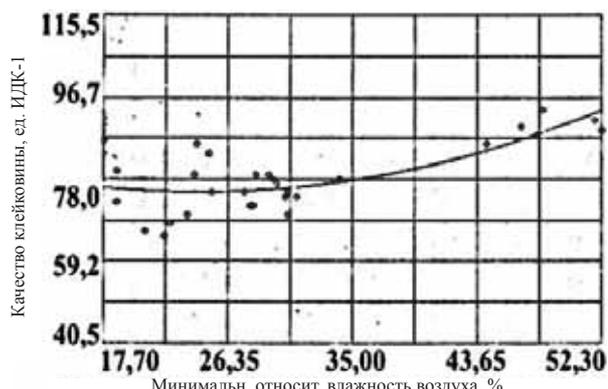
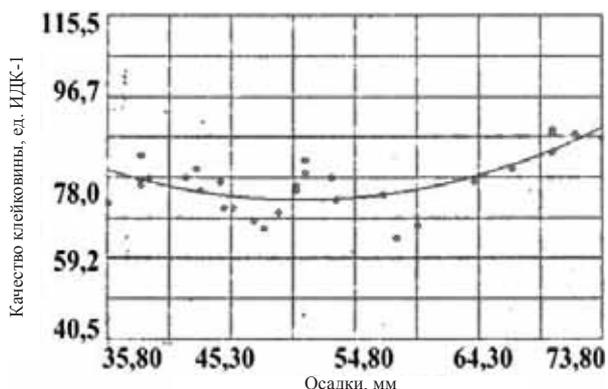
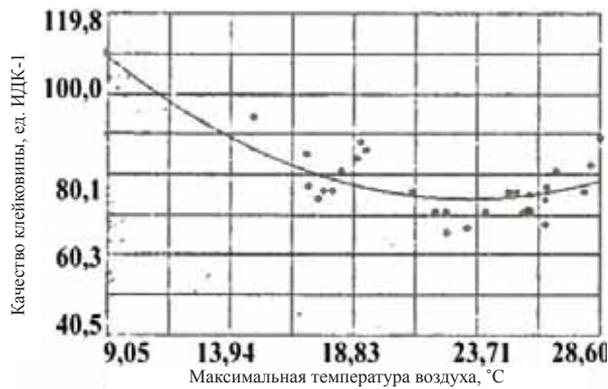
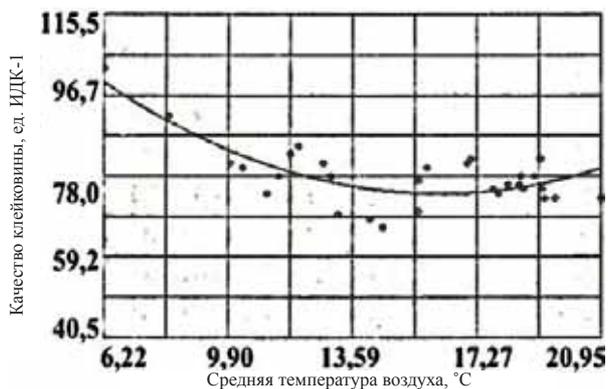
При установлении связи качества клейковины в зерне с агрометеорологическими факторами и агротехническими приёмами возделывания, разработке моделей (регрессионных) погодных условий и агротехнических приёмов возделывания яровой сильной пшеницы были применены методы нелинейного корреляционно-регрессионного и множественного регрессионного анализов.

**Результаты исследования.** В степной зоне Оренбуржья на формирование качества клейковины яровой сильной пшеницы наибольшее влияние оказывают погодные условия, на долю которых приходится 77—89% общей дисперсии.

Нами были получены математические модели «погода — качество клейковины» в зерне яровой сильной пшеницы, научно обоснованы параметры погодных факторов для формирования зерна с высоким качеством клейковины за период вегетации в условиях центральной зоны Оренбургской области. Результаты моделированных связей качества клейковины с погодными факторами в разрезе месяцев вегетационного периода представлены графически (рис.).

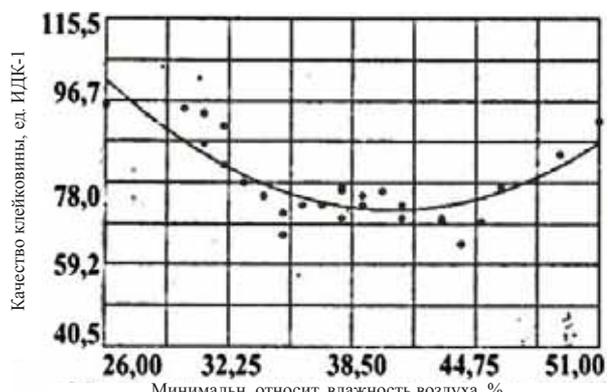
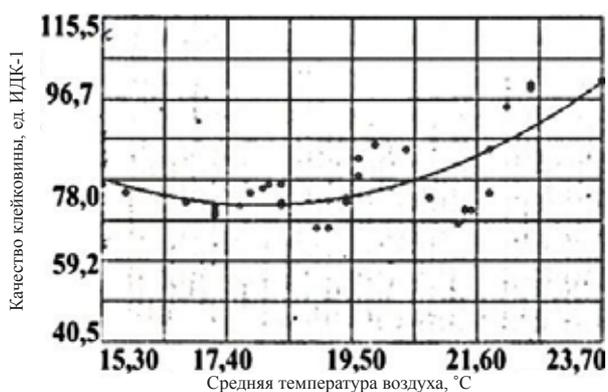
Полученные регрессионные уравнения и их графический анализ позволили определить параметры погодных факторов за определённый период времени, которые в большей степени влияют на формирование зерна с высоким качеством клейковины (45—75 ед. ИДК-1 — 1-я группа). Таковыми следует считать: во 2-й декаде мая — средняя температура воздуха в пределах 13,7—17,7°C, максимальная — 20,4—26,4°C, осадки — 41,4—60,1 мм, минимальная относительная влажность воздуха — 20,2—28,6%, гидротермический коэффициент — 0,16—1,01 ед.; в 3-й декаде мая — средняя относительная влажность воздуха в пределах 59—66%. Связи качества клейковины с погодными факторами за май статистически не значимы.

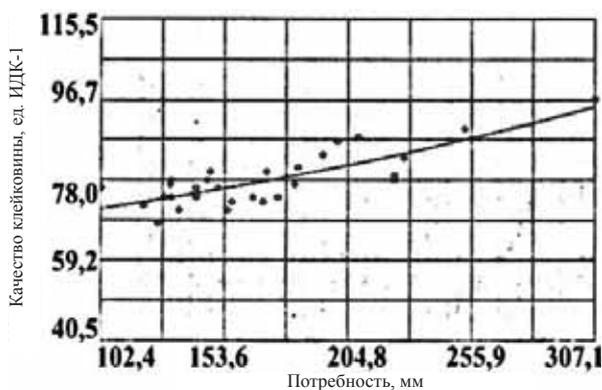
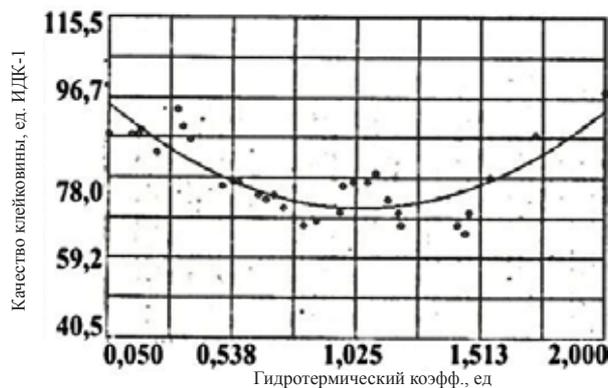
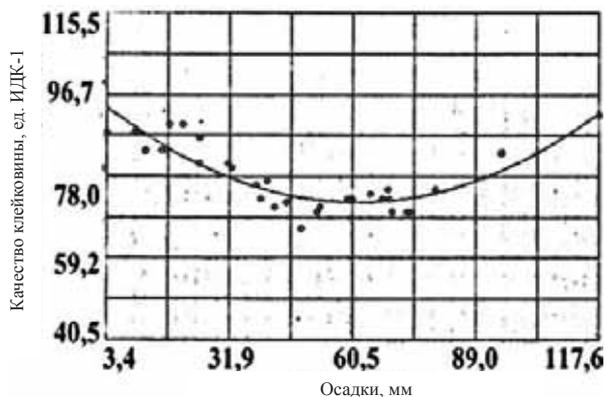
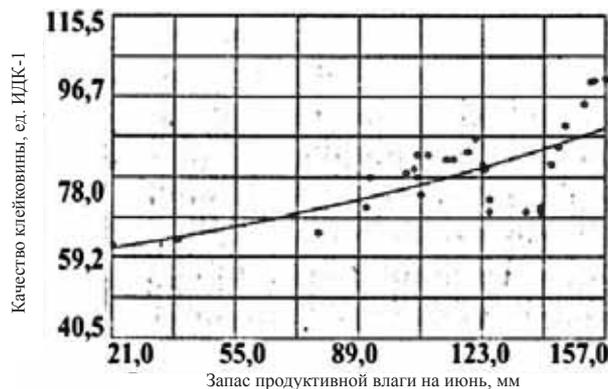
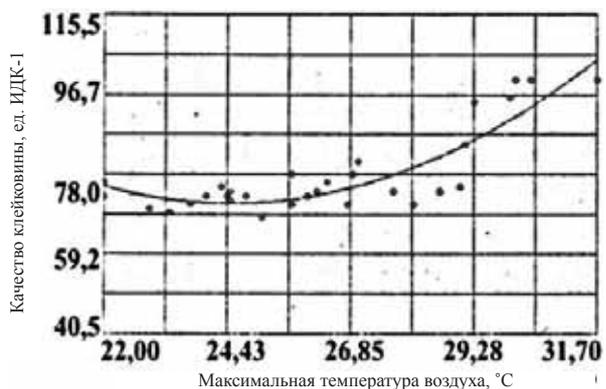
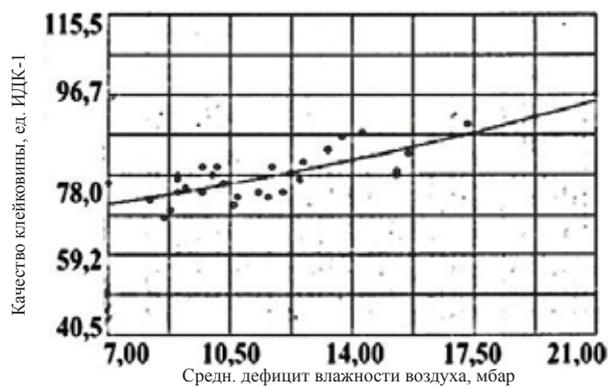
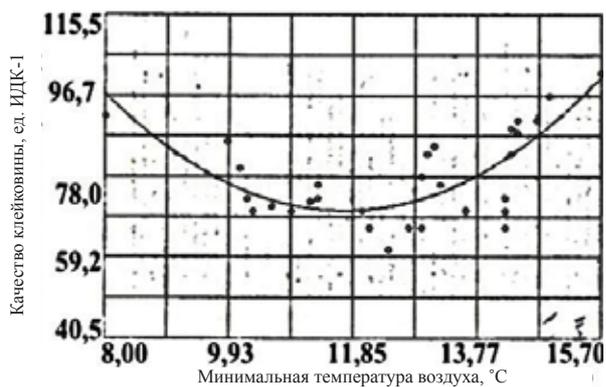
В июне умеренный температурный режим обусловил формирование зерна с высоким качеством клейковины: средняя температура воздуха в пределах 16,0—19,9°C, минимальная — 10,1—13,4°C, максимальная — 22,0—27,1°C; осадки — 38,5—84,3 мм; минимальная относительная влажность воздуха — 35,4—45,7%; средний дефицит влажности воз-



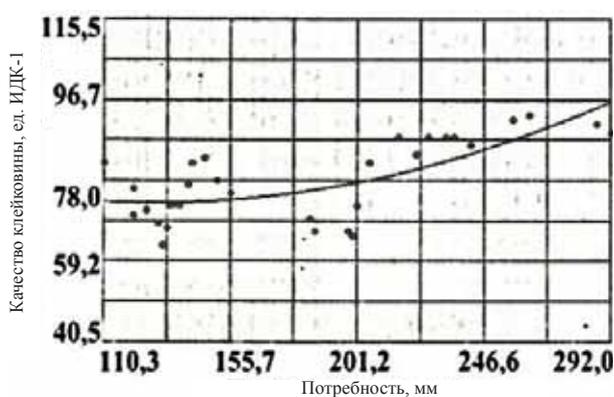
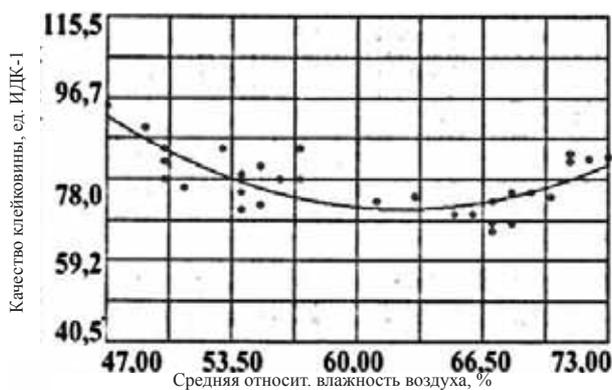
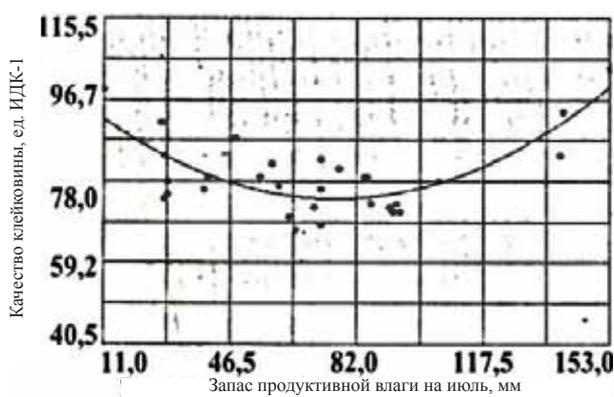
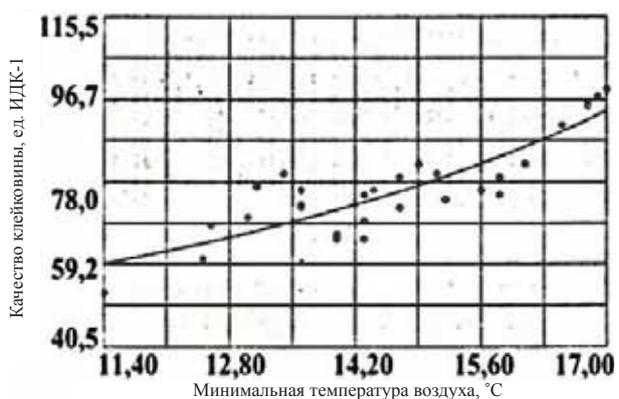
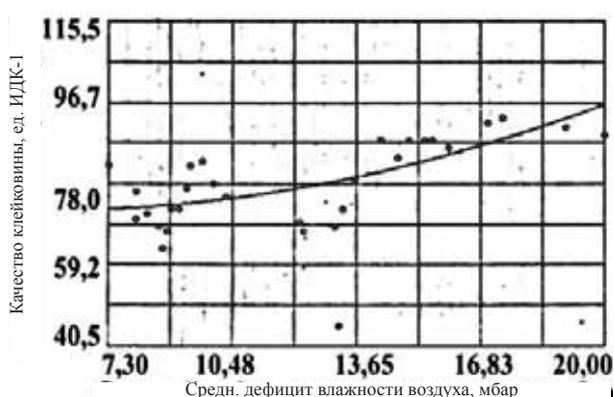
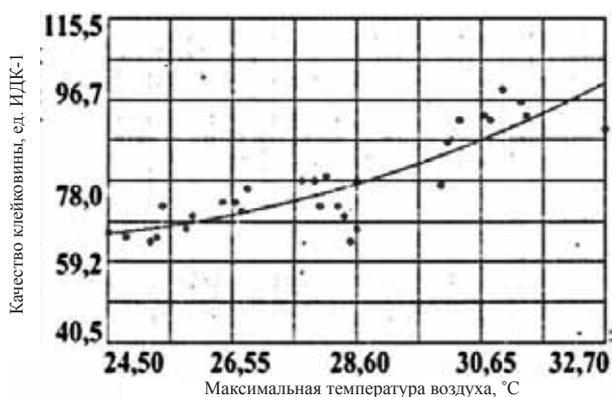
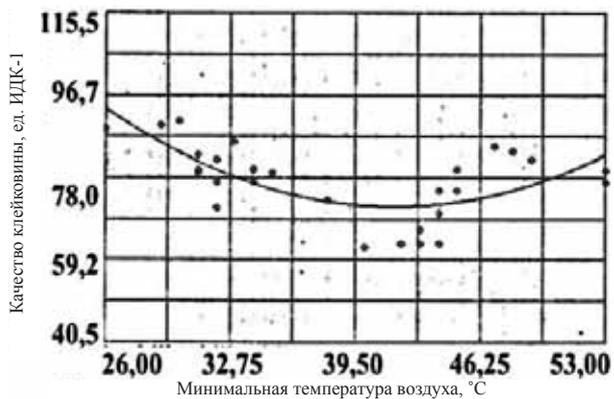
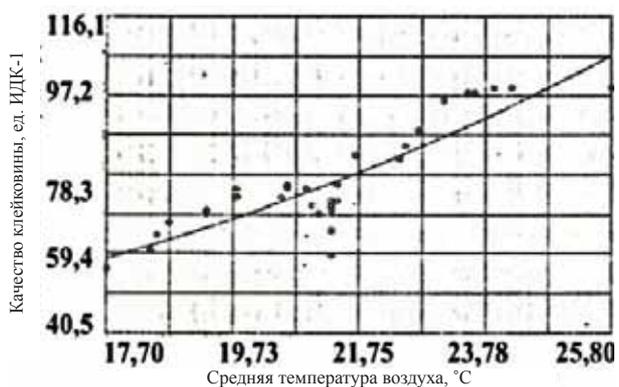
2-я декада мая

3-я декада мая





Июнь



Июль

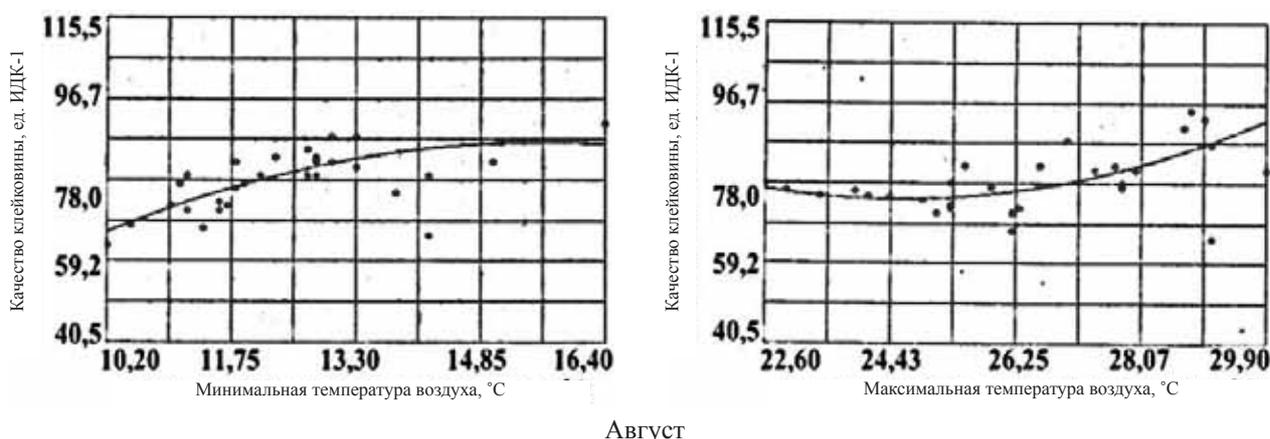


Рис. – Зависимость качества клейковины яровой сильной пшеницы от погодных условий в центральной зоне Оренбургской области

духа – 7,0–10,2 мбар; гидротермический коэффициент – 0,61–1,47 ед.; запас продуктивной влаги на июнь в метровом слое почвы – 21,0–102,2 мм; потребность в воде – 102,4–147,5 мм. Повышение всех показателей до максимальных значений (в изученных пределах) способствовало снижению качества клейковины до 89–105 ед. ИДК-1 (2-я и 3-я группа).

В июле формирование зерна с качеством клейковины I группы проходило при умеренном температурном режиме воздуха: средняя температура воздуха – 17,7–21,2°C, минимальная – 11,4–14,6°C, максимальная – 24,5–28,2°C; средняя относительная влажность воздуха – 55,3–69,3%, минимальная – 36,4–48,6%; средний дефицит влажности воздуха – 7,3–11,1 мбар; запас продуктивной влаги на июль в метровом слое почвы – 57,1–94,6 мм, потребность в воде – 110,3–183,2 мм. Налив зерна при максимальных значениях (в изученных пределах) средней температуры воздуха – 25,8°C, минимальной – 17,0°C, максимальной – 32,7°C, среднего дефицита влажности воздуха – 20 мбар, потребности в воде – 292 мм, запаса продуктивной влаги в метровом слое почвы на июль – 153 мм и минимальных значениях средней и минимальной относительной влажности воздуха – 73 и 53% привёл к снижению качества клейковины до 81–107 ед. ИДК-1 (2-я и 3-я группа).

Созревание зерна с высоким качеством клейковины в августе проходило при минимальной температуре воздуха в пределах 10,2–11,6°C, максимальной – 23,1–25,9°C. Повышение минимальной и максимальной температур до максимальных значений (16,4 и 29,9°C соответственно) привело к снижению качества клейковины до 2-й группы.

В период посева – полной спелости повышение качества клейковины было вызвано следующими параметрами температурного режима: температура воздуха средняя – 16,7–18,9°C, минимальная – 7,8–11,9°C; максимальная – 23,6–25,2°C; осадки – 92,1–177,8 мм; минимальная относительная

влажность воздуха – 35,0–40,9%; средний дефицит влажности воздуха – 8,2–10,2 мбар; гидротермический коэффициент – 0,52–0,98 ед.; запас продуктивной влаги к севу в метровом слое почвы – 148–182 мм; продолжительность периода посев – полная спелость – 96–114 дн.

Результаты множественного регрессионного анализа за период вегетации яровой сильной пшеницы (посев – полная спелость) показали совокупное влияние на формирование клейковины в зерне ряда погодных факторов, которое описывается уравнением вида:

$$Y = 224,812 - 0,299x_1 - 1,097x_2 \pm 14,133 \text{ ед. ИДК-1,}$$

где  $x_1$  – запас продуктивной влаги к севу в метровом слое почвы, мм;

$x_2$  – продолжительность периода вегетации (посев – полная спелость), дн.

Из уравнения следует, что в период посев – полная спелость при данном сочетании погодных факторов снижение запаса продуктивной влаги к севу в метровом слое почвы на 10 мм (в изученных пределах 106–182 мм), а также сокращение периода вегетации на 1 день (81–103 дн.) приводит к уменьшению на 2,99; 1,10 ед. показаний прибора ИДК-1 соответственно (в изученных пределах 45–105 ед. ИДК-1), т.е. повышению качества клейковины. Такие погодные факторы детерминируют 75% дисперсии качества клейковины, оставшаяся часть дисперсии приходится на невыявленные факторы и ошибки измерения.

Было установлено совместное влияние погодных условий и агротехнических приёмов возделывания на формирование высокого качества клейковины (45–75 ед. ИДК-1, 1-я группа). Из трёх технологических приёмов (сроки сева, нормы высева, фоны удобрения) на качество клейковины в большей степени влияют сроки сева, фоны удобрений и нормы высева не имеют статистической значимости.

Множественные регрессионные модели совместного влияния погодных факторов и разных сроков сева на качество клейковины яровой сильной пшеницы в период колошение–молочная спелость в центральной зоне Оренбургской области

Независимая переменная (погодные и абиотические факторы)	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка	T- значение	Уровень значимости	$\beta$ – коэффициент
Первый срок сева					
Свободный член	448,262	24,544	18,264	0,000	-
Средняя температура воздуха, °C ( $x_1$ )	-10,615	0,806	-13,172	0,000	-0,930
Средний дефицит влажности воздуха, мбар ( $x_2$ )	2,476	0,534	4,630	0,000	0,397
Скорость ветра, м/сек ( $x_3$ )	-14,581	1,562	-9,337	0,000	-0,598
Первый срок сева ( $x_4$ )	-7,096	1,976	-3,592	0,000	-0,168
Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 11,378 ед.ИДК-1; $R^2 = 0,683$ ; $F_{\text{отношение}} = 100,54$ ; $F_{\text{теор.0,05}} = 2,30$					
Второй срок сева, уравнения статистически не значимы					
Третий срок сева					
Свободный член	436,993	23,364	18,704	0,000	-
Средняя температура воздуха, °C ( $x_1$ )	-10,367	0,796	-13,023	0,000	-0,908
Средний дефицит влажности воздуха, мбар ( $x_2$ )	2,303	0,522	4,411	0,000	0,369
Скорость ветра, м/сек ( $x_3$ )	-14,289	1,495	-9,555	0,000	-0,586
Третий срок сева ( $x_4$ )	7,599	1,918	3,961	0,000	0,179
Для полной регрессии: стандартная ошибка оценки = 11,299 ед.ИДК-1; $R^2 = 0,687$ ; $F_{\text{отношение}} = 102,600$ ; $F_{\text{теор.0,05}} = 2,30$					

Моделирование связей качества клейковины с погодными факторами и сроками сева позволило получить множественные регрессионные модели «погода – качество клейковины – сроки сева», описывающие эти зависимости в межфазный период вегетации колошение – молочная спелость, для других межфазных периодов связи недостоверны (табл.).

Используя полученные уравнения, установили, что погодные условия межфазного периода колошение – молочная спелость (при изменении их на единицу измерения) совместно с таким агротехническим приёмом, как первый срок сева, способствуют уменьшению на 30 ед. показаний прибора ИДК-1 (в изученных пределах 45 – 105 ед. ИДК-1), т.е. улучшению качества клейковины, в том числе первый срок сева способствует улучшению качества клейковины на 7,10 ед. ИДК-1. При данном сочетании погодных факторов наибольшее положительное влияние на дисперсию качества клейковины в этот межфазный период вегетации в первый срок сева вносят: средняя температура воздуха ( $\beta = -0,930$ ); скорость ветра ( $\beta = -0,598$ ) и отрицательное – средний дефицит влажности воздуха ( $\beta = 0,397$ ). Увеличение средней температуры воздуха на 1°С (в изученных пределах 19,2÷25,4°С), скорости ветра на 1 м/сек (в изученных пределах 10,0 – 12,7 м/сек) и уменьшение среднего дефицита влажности воздуха на 1 мбар (в пределах 8,9÷19,5 мбар) приводят к снижению на 10,62; 14,58 и 2,48 ед. ИДК-1, т.е. улучшению качества клейковины. Третий срок сева способствует увеличению на 7,60 ед. ИДК-1, т.е. снижает качество клейковины.

**Вывод.** Полученные математические модели «погода – качество клейковины» и «погода – качество клейковины – сроки сева» яровой сильной пшеницы и научно обоснованные параметры погодных факторов для формирования высокого качества клейковины яровой мягкой пшеницы в Оренбургской области могут быть применены на практике.

### Литература

1. Вакар А.Б. Клейковина пшеницы. М.: АН СССР, 1961. 252 с.
2. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Колос, 1980. 319 с.
3. ГОСТ Р 52554–2006 Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2006. 9 с.
4. Сандакова Г.Н., Крючков А.Г. Научное обоснование зон оптимального размещения производства и глубокой переработки высококачественного зерна яровой пшеницы в степи Южного Урала. Оренбург, 2012. 222с.
5. Дегтярева Г.В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 216 с.
6. Ряховский А.В. Урожай и белковость зерна яровой пшеницы по различным предшественникам в зависимости от нормы высева семян и удобрений // Зерновые культуры, 1998. № 3. С. 18.
7. Долгалев М.П., Тихонов В.Е. Адаптивная селекция яровой пшеницы в Оренбургском Приуралье. Оренбург, 2005. 290 с.
8. Сандакова Г.Н., Крючков А.Г. Научно обоснованные параметры моделей формирования высокобелкового и высококонтурного зерна сильной пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья в зависимости от погодных условий и агротехнических приёмов возделывания. Оренбург: ООО «Агентство «Пресса», 2014. 86с.
9. Сандакова Г.Н. Модели погодных условий и агротехнических приёмов возделывания для формирования зерна яровой мягкой пшеницы с высоким содержанием клейковины в центральной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 21–25.
10. Сандакова Г.Н. Модели погодных условий и агротехнических приёмов возделывания для формирования высококонтурного зерна яровой мягкой пшеницы в центральной зоне Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (54). С. 24–27.