



УДК 633.551.5

## Районирование Саратовской области по условиям формирования белковости яровой пшеницы

С. И. Пряхина, Е. И. Ормели

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, psi267269@yandex.ru

Ормели Екатерина Ивановна, аспирант кафедры метеорологии и климатологии, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, meteokatenok@mail.ru

В статье представлены прогнозы качества зерна яровой пшеницы по методу В. Я. Ярошевского и В. П. Топылевой, в которой по ежедневным метеорологическим данным первого, второго и третьего месяца вегетации (май–июль) рассчитаны процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы за 1991–1995 гг. и прогноз качества зерна яровой пшеницы, полученный на основе корреляционной связи белковости зерна со среднемесячной температурой воздуха июня за 1978–1995 гг. По данным за 1912–2017 гг. по станциям Саратовской, Волгоградской и Астраханской областей были построены интегральные кривые, позволяющие учесть процентную обеспеченность различных средних месячных температур в июне в зависимости от средних многолетних ее значений. На основе интегральных кривых была получена номограмма данной обеспеченности средней месячной температуры воздуха июня от 15 до 27°C.

**Ключевые слова:** качество зерна, белковость, амплитуды температур, гидротермический коэффициент, корреляция, агроклиматическое районирование, интегральные кривые, номограмма обеспеченности.

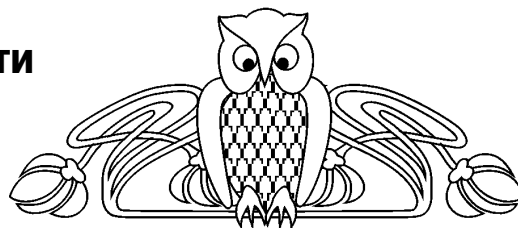
### Zoning of the Saratov Region According to Formation of Protein in Spring Wheat

S. I. Pryakhina, E. I. Ormeli

Sofya I. Pryakhina, <https://orcid.org/0000-0002-7226-6129>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, psi267269@yandex.ru

Ekaterina I. Ormeli, <https://orcid.org/0000-0002-0486-4047>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya Str., Saratov 410012, Russia, meteokatenok@mail.ru

The article presents forecasts of the quality of spring wheat grain according to the method of V. Ya. Yaroshevsky and V. P. Topylevoi, where, according to the daily meteorological data of the first, second and third months of the growing season (May–July), the percentage of protein in the grain of spring wheat for 1991–1995 was calculated. The second forecast of the quality of grain of spring wheat, was obtained on the basis of the correlation of the protein content of grain from the average the monthly air temperature in June for 1978–1995. On long-term data for the years 1912–2017, integrated curves were constructed for the allows stations of the Saratov, Volgograd and As-



trakhan regions, which allow to take into account the availability of different average monthly temperatures in June depending on the multi-year mean values. Based on the integral curves, a nomogram was obtained for the provision of the average monthly air temperature in June from 15 to 27°C.

**Keywords:** grain quality, protein, temperature amplitudes, hydrothermal coefficient, correlation, agroclimatic zoning, integral curves, nomogram of security.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-24-29>

### Введение

Увеличение производства зерна – ключевая проблема интенсификации сельского хозяйства. В ее решении важное значение имеет прогноз количества и качества зерна как средства управления производством, заготовкой и распределением сельскохозяйственной продукции.

Климатические, а также погодные условия каждого конкретного года влияют не только на урожай сельскохозяйственных культур, но и на качество сельскохозяйственной продукции.

При одних и тех же климатических и почвенных условиях погода оказывает большее влияние на содержание белка в зерне пшеницы, чем агротехнические мероприятия [1, 2].

Накопление белка в зерне злаковых растений происходит в результате использования азотистых веществ, главным образом белков, накопленных в вегетативных органах до начала налива зерна, и поглощения азота из почвы в период налива зерна. Поэтому агрометеорологические условия уже на ранних этапах развития растений, влияя на накопление азотистых веществ в листьях и стеблях, обуславливают качество зерна.

При хорошем увлажнении почвы весной происходят сильный рост растений и интенсивное образование боковых побегов, т. е. накопление потребляющей азот органической массы. Рост же корневой системы идет значительно медленнее. Несоответствие между развитием корневой системы и надземной массы тормозит снабжение растений азотом. В их тканях накапливается мало азотистых соединений, которых затем бывает недостаточно для накопления в зерне большого количества белка и клейковины. Следовательно, ресурсы влаги в весенний период в районах неустойчивого увлажнения определяют не только условия формирования урожая, но и будущие его качества.

Прогноз качества зерна нового урожая, составленный с достаточной заблаговременностью,



имеет важное значение для организации заготовки зерновых культур.

Фактического материала об изменчивости химического состава зерна в зависимости от климатических условий накопилось много, однако количественных зависимостей, позволяющих рассчитать ожидаемое качество зерна пшеницы, мало, и этот вопрос требует дальнейших исследований.

### Прогноз белковости зерна яровой пшеницы

В научной литературе нет разработок по прогнозу качества зерна яровой пшеницы в Саратовской области или Нижнем Поволжье. Вопросами прогноза качества урожая яровой пшеницы занимаются работники Гидрометцентра г. Москвы. В. А. Ярошевским и В. П. Топылевой был предложен метод прогноза процентного содержания белка в зерне яровой пшеницы по фактическим метеорологическим данным первого, второго и третьего месяца вегетации (май–июль). Авторами данного метода получено уравнение зависимости количества белка от суммы средних суточных амплитуд температуры воздуха за период с мая по июль и от гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) за тот же период [3]. Уравнение имеет следующий вид:

$$y = 0,006\Sigma A - 3,3\text{ГТК} + 14,0, \quad (1)$$

где  $y$  – процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы, %;  $\Sigma A$  – сумма суточных амплитуд температуры воздуха за май–июль; ГТК – гидротермический коэффициент за май–июль.

По данному уравнению за четыре года с 1991 по 1994 г. по станции Саратов ЮВ были рассчитаны прогностические значения белка в зерне яровой пшеницы с месячной заблаговременностью и проведено сравнение с фактической белковостью яровой пшеницы сорта Саратовская-58 за те же годы (табл. 1). Ошибка данного уравнения составила  $\pm 2,9\%$ , оправдываемость – 79%.

Данная формула хорошо подходит для расчета прогностических значений белковости в Саратовской области, так как в основу уравнения положено два комплексных показателя, хорошо отражающих сухие и засушливые условия рассма-

триваемой территории: сумма средних суточных амплитуд температуры воздуха за май–июль и гидротермический коэффициент за те же месяцы.

Наиболее тесная связь в период вегетации яровой пшеницы наблюдается между белковостью зерна и амплитудой температуры воздуха. Исследования, проведенные Е. А. Дорогоновской [2], В. Н. Страшным [4], М. И. Мель [5], позволили сделать вывод, что с увеличением континентальности климата наблюдается заметное повышение качества зерна.

При средней суточной амплитуде температуры воздуха за май–июль меньше  $6^\circ\text{C}$  содержание белка в зерне пшеницы не превышает 9,5%. Благоприятные условия термического режима для накопления белка и клейковины складываются при суточных амплитудах воздуха более  $10,5^\circ\text{C}$  по чистым парам,  $12^\circ\text{C}$  по занятым парам [4].

Большой практический интерес представляют оценка биохимического потенциала климата Саратовской области и прогноз качества зерна яровой пшеницы с месячной заблаговременностью.

Как показали проведенные расчеты, в Саратовской области наблюдается тесная корреляционная связь белковости зерна с температурой июня (табл. 2):

$$X_{\text{cp}} = \frac{\sum X}{n} = \frac{357,3}{18} = 19,9,$$

$$Y_{\text{cp}} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{253}{18} = 14,1,$$

где  $X_{\text{cp}}$  – средняя месячная температура воздуха за июнь,  $^\circ\text{C}$ , (1978–1995 гг.);  $Y_{\text{cp}}$  – средняя многолетняя фактическая белковость яровой пшеницы, %, (1978–1995 гг.);  $n$  – число лет.

Коэффициент корреляции ( $r$ ) этих величин составляет 0,75:

$$r = \frac{\sum(X - X_{\text{cp}})}{\sqrt{\sum(X - X_{\text{cp}})^2 \cdot \sum(Y - Y_{\text{cp}})^2}} =$$

$$= \frac{\sum \Delta X \cdot \Delta Y}{\sqrt{\sum \Delta X^2 \cdot \sum \Delta Y^2}} = \frac{49,32}{\sqrt{4369,663}} = 0,75. \quad (2)$$

Даже с учетом неизбежных ошибок предельные значения коэффициента не становятся менее 0,68, что говорит о хорошей связи между величинами.

Таблица 1

Расчет прогностической белковости яровой пшеницы по станции Саратов ЮВ

Год	Сумма суточных амплитуд температуры воздуха за май–июль, $\Sigma A$ , $^\circ\text{C}$	Гидротермический коэффициент за май–июль	Фактическая белковость яровой пшеницы, %	Прогностическая белковость, %	Отклонения
1991	1080	0,41	14,4	19,1	-4,7
1992	1003	0,62	14,8	18,0	-3,2
1993	920	1,13	12,9	15,8	-2,9
1994	925	1,13	13,2	15,9	-2,5
Среднее	977	0,8	13,8	17,2	-3,4



Полученное уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 0,64x + 4,9, \quad (3)$$

где  $y$  – процентное содержание белка в зерне яровой пшеницы, %;  $x$  – средняя месячная температура воздуха июня, °С.

Средняя квадратическая ошибка найденного уравнения регрессии (3) составляет

$$S_y = \pm 0,98\%.$$

Среднее отклонение уравнения равно  $\pm 0,8$ , или 5,7%.

Только в одном случае (1989 г.) имеется грубое расхождение прогностического и фактического значений белковости, во всех остальных случаях расхождение практически не выходит за пределы средней квадратической ошибки (СКО) (см. табл. 2).

Оправдываемость найденного уравнения (3) составляет 94%. Достаточно высокая корреляционная связь между белковостью зерна и средней месячной температурой июня объясняется тем, что в Саратовской области в июне белковые вещества перераспределяются из листьев и стеблей в зерновку, а термический режим оказывает большое влияние на это перераспределение. Чем выше температура воздуха в июне, тем благоприятнее условия для формирования зерна с высоким содержанием в нем белка. При выборе

этого показателя мы исходили из двух основных предпосылок: показатель должен легко рассчитываться по материалам стандартных наблюдений и, вместе с тем, быть высокоинформативным. Средняя месячная температура июня отвечает этим требованиям: она рассчитывается на всех метеорологических станциях.

Найденная формула (3) проста и может быть составлена для любой станции. Как видно из табл. 2, высокобелковая яровая пшеница (с содержанием белка более 14%) на полях Саратовской области формируется в те годы, когда температура июня более 19,5°С.

### Агроклиматическое районирование Саратовской области по условиям формирования белковости зерна яровой пшеницы

Знание особенностей территории Саратовской области с точки зрения ее пригодности для возделывания высококачественных озимых и яровых пшениц будет способствовать рациональному и прибыльному использованию ее почвенно-климатических ресурсов.

Исследования многих авторов показали, что зерно озимой и яровой пшеницы, содержащее не менее 14% белка, формируется при средней месячной температуре воздуха в июне, равной или выше 19,5°С. Зерно, содержащее 12,0–13,9%

Таблица 2  
Средняя месячная температура июня и белковость зерна яровой пшеницы, станция Саратов ЮВ, 1978–1995 гг.

Год	Средняя месячная температура воздуха июня, °С	Фактическая белковость яровой пшеницы Саратовская-58, %	$\Delta X$	$\Delta Y$	$\Delta X \cdot \Delta Y$	$\Delta X^2$	$\Delta Y^2$	Прогностическая белковость, %	Отклонения
1978	16,0	12,7	-3,9	-1,2	4,68	15,21	1,44	12,3	-0,4
1979	19,2	12,4	-0,7	-1,5	1,05	0,49	2,25	13,7	+1,3
1980	19,3	14,1	-0,6	0,2	-0,12	0,36	0,04	13,8	-0,3
1981	22,5	15,7	2,6	1,8	4,68	6,76	3,24	15,9	+0,2
1982	16,0	13,0	-3,9	-0,9	3,51	15,21	0,81	12,3	-0,7
1983	17,4	13,4	-2,5	-0,5	1,25	6,25	0,25	12,9	-0,5
1984	20,4	15,8	0,5	1,9	0,95	0,25	3,61	14,3	-1,5
1985	19,1	13,8	-0,8	-0,1	0,08	0,64	0,01	13,7	-0,1
1986	21,6	13,4	1,7	-0,5	-0,85	2,89	0,25	14,8	+ 1,4
1987	22,2	16,2	2,3	2,3	5,29	5,29	5,29	15,1	-1,1
1988	22,8	16,0	2,9	2,1	6,09	8,41	4,41	15,4	-0,6
1989	22,1	13,0	2,2	-0,9	-1,98	4,84	0,81	15,1	+2,1
1990	16,9	11,3	-3	-2,6	7,8	9	6,76	12,7	+ 1,4
1991	22,5	14,4	2,6	0,5	1,3	6,76	0,25	15,2	+0,8
1992	20,1	14,8	0,2	0,9	0,18	0,04	0,81	14,2	-0,6
1993	17,8	12,9	-2,1	-1	2,1	4,41	1	13,1	+0,2
1994	17,6	13,2	-2,3	-0,7	1,61	5,29	0,49	13,0	-0,2
1995	23,8	16,9	3,9	3	11,7	15,21	9	15,8	-1,1
Сумма	357,3	253,0	–	–	49,32	107,31	40,72	–	–
Среднее	19,8	14,1	–	–	–	–	–	14,1	$\pm 0,8$



белка, формируется при средней месячной температуре в июне от 16,0 до 19,5°C. При средней месячной температуре ниже 16°C формируется пшеница с белковостью меньше 12% [6,7,8].

В качестве показателя, позволяющего провести районирование, использовалась средняя месячная температура июня. При выборе этого показателя исходили из двух основных предпосылок: показатель должен легко рассчитываться по материалам стандартных наблюдений и, вместе с тем, быть высокоинформативным. Средняя месячная температура воздуха июня отвечает этим требованиям: она рассчитывается на всех метеорологических станциях, и коэффициент корреляции между содержанием белка в зерне яровой пшеницы и температуры июня в Саратовской области составляет 0,75 (станция Саратов ЮВ за 1978–1995 гг.).

По исследованиям А. Н. Деревянко была составлена карта средней многолетней температуры воздуха июня по европейской части России (рис. 1). На основании этих данных было проведено районирование территории по условиям, влияющим на формирование белка в зерне озимой и яровой пшеницы. Изотерма 19,5°C в июне проходит севернее Молдавии, далее по югу Самарской и Оренбургской областей. Поэтому высокое содержание белка в зерне яровой пшеницы отмечается в регионах, расположенных южнее данной изотермы.

Яровая пшеница с содержанием белка от 12,0 до 13,9% может быть районирована на территории со средней температурой воздуха в июне от 19,5 до 16,0°C. Такие температурные условия в среднем многолетнем разрезе характерны для большей части Украины, Белоруссии, Центрально-Черноземного района, юга Центрального района, городов Среднего Поволжья. В более северных районах климатические условия позволяют выращивать слабые пшеницы с содержанием белка менее 12,0% [7].

Учет только климатических факторов не позволяет характеризовать обеспеченность различных средних месячных значений температуры воздуха в июне, а следовательно, обеспеченность по годам определенного качества зерна. На основе данных о температуре воздуха в июне [9] за период с 1912 по 1998 г. по станциям Саратовской, Волгоградской, Астраханской областей и продленным до 2017 г. данным по станциям Саратовской области (Хвалынский, Балашов, Саратов, Ершов, Ал. Гай) были построены интегральные кривые, позволяющие учесть процентную обеспеченность различных средних месячных температур в июне в зависимости от средних многолетних ее значений (табл. 3, 4). Интегральные кривые, построенные для отдельных станций (рис. 2), позволили получить номограмму обеспеченности средней месячной температуры воздуха июня от 15 до 27°C при определенных средних ее значениях (рис. 3).

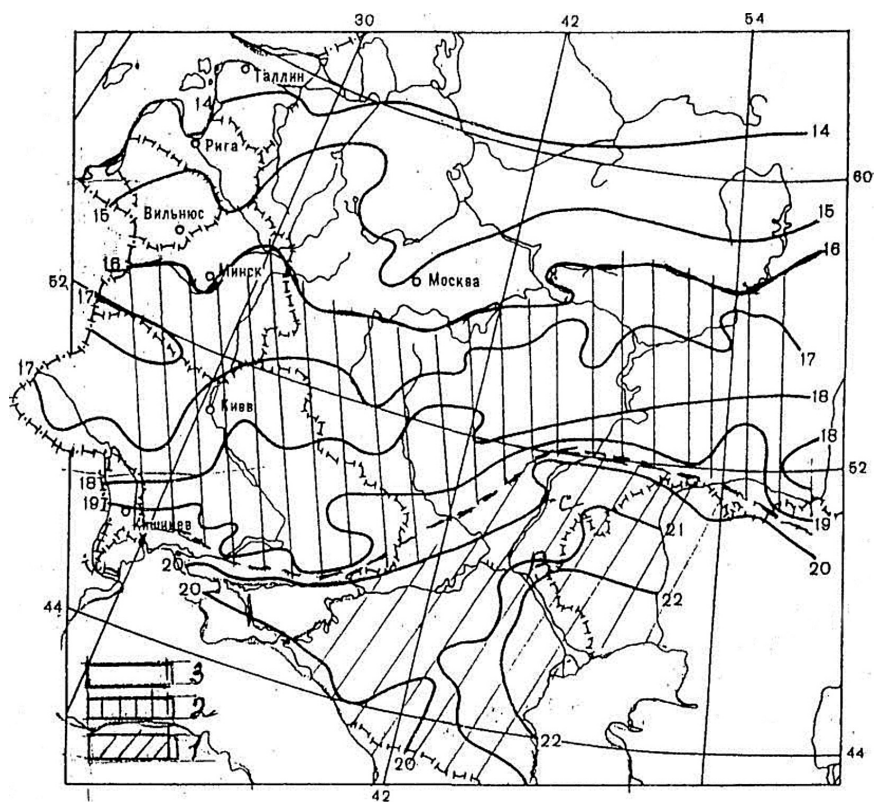


Рис. 1. Районирование европейской части России по условиям формирования содержания белка, %, в зерне пшеницы с учетом средней месячной температуры воздуха в июне, °С: содержание белка: 1 – не меньше 14; 2 – 12–13; 3 – меньше 12



Таблица 3

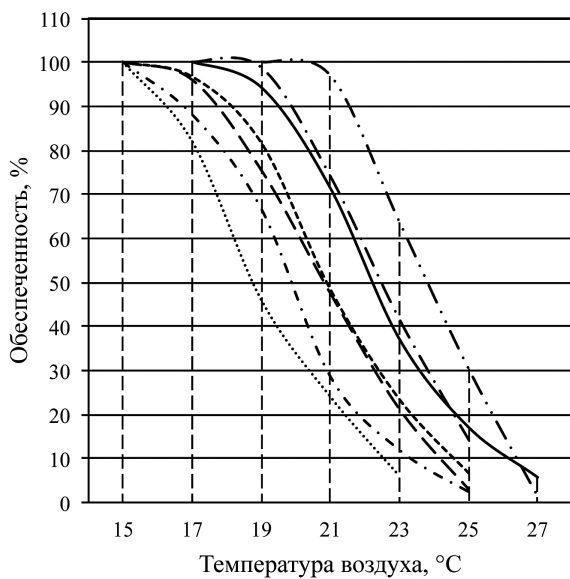
Повторяемость средней месячной температуры воздуха июня по градациям (число случаев), 1912–2017 гг.

Станция	Градация, °С							Σ числа случаев
	14–16	16,1–18	18,1–20	20,1–22	22,1–24	24,1–26	26,1–28	
Хвалынский	5	9	16	7	4	1	–	42
Балашов	9	18	11	9	3	–	–	50
Саратов	4	20	28	26	18	3	–	99
Ершов	2	9	20	15	10	4	–	60
Ал. Гай	–	2	8	12	7	4	2	35
Волгоград	–	1	19	25	21	11	–	77
Астрахань	–	–	2	23	23	20	1	69

Таблица 4

Обеспеченность, %, средней месячной температуры воздуха июня по градациям, 1912–2017 гг.

Станция	Градация, °С							Σ%
	14–16	16,1–18	18,1–20	20,1–22	22,1–24	24,1–26	26,1–28	
Хвалынский	11,9	21,4	38,1	16,7	9,5	2,4	–	100
Балашов	18	36	22	18	6	–	–	100
Саратов	4	20,2	28,3	26,3	18,2	3	–	100
Ершов	3,3	15	33,3	25	16,7	6,7	–	100
Ал. Гай	–	5,7	22,9	34,3	20	11,4	5,7	100
Волгоград	–	1,3	24,7	32,5	27,3	14,3	–	100
Астрахань	–	–	2,9	33,3	33,3	29,0	1,4	100



- · · · · Хвалынский
- · · · · Балашов
- — — Саратов
- — — Ершов
- Александров Гай
- · · · Волгоград
- · · · Астрахань

Рис. 2. Интегральные кривые для расчета процентной обеспеченности средней месячной температуры воздуха в июне по станциям: Хвалынский, Балашов, Саратов, Ершов, Александров Гай, Волгоград, Астрахань

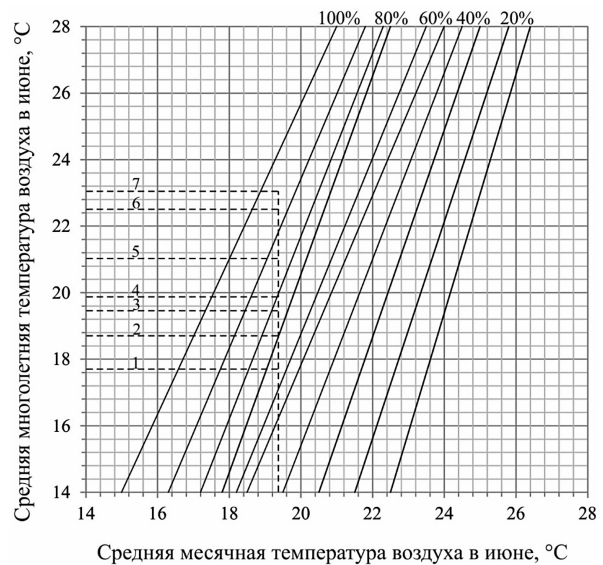


Рис. 3. Номограмма обеспеченности средней месячной температуры воздуха в июне при определенных средних многолетних значениях: 1 – Хвалынский; 2 – Балашов; 3 – Саратов; 4 – Ершов; 5 – Ал. Гай; 6 – Волгоград; 7 – Астрахань



По оси ординат на рис. 3 отложены значения средних многолетних температур в июне, а по оси абсцисс – значения ежегодных температур. В поле рисунка проведены наклонные линии обеспеченности средних месячных температур воздуха в июне в зависимости от территории.

Видно (см. рис. 2, 3), что при средней многолетней температуре воздуха в июне в Саратове, равной 19,5°C, зерно с содержанием белка (не менее 14%) формируется с обеспеченностью 70%.

На территории Волгограда и Астрахани со

средней месячной температурой июня 22,4, 22,9°C погодные условия позволяют собирать зерно яровой пшеницы с содержанием белка не менее 14% в 7–8 годах из 10 (см. рис. 3).

Среднее многолетнее содержание белка в зерне яровой пшеницы увеличивается с северо-запада на юго-восток: от 13,5% в Балашове до 15,4% в Астрахани (табл. 5). В засушливые годы почти по всему Нижнему Поволжью белковость составляет 15%, а в Волгограде и Астрахани – даже более 16%.

Таблица 5

Средняя многолетняя белковость яровой пшеницы, %

Показатель	Станции						
	Хвалы́нск	Саратов	Ершов	Балашов	Ал. Гай	Волгоград	Астрахань
Средняя многолетняя температура воздуха июня, °С (справочные данные)	17,7	19,4	19,9	18,6	21,0	22,4	22,9
Прогностическая белковость яровой пшеницы, %	13,0	13,8	14,1	13,5	14,6	15,2	15,4

## Выводы

Яровая пшеница по сравнению с другими яровыми культурами (овсом, ячменем) при одинаковых условиях возделывания менее урожайна. Урожай ее в 2 раза, а в сухие годы в 3 раза меньше, чем озимой пшеницы, но белковость яровой пшеницы выше, чем озимой, да и твердые сорта пшениц возделываются в основном в яровых посевах. Возделывание этой культуры необходимо и экономически выгодно, так как она является ценнейшим пищевым продуктом. Использование ее в хлебопечении, макаронном или кондитерском производстве возможно лишь при условии определенного качества зерна. Таким образом, одной из основных задач при возделывании яровой пшеницы является не просто получение зерна, а получение зерна высокого качества.

Анализ приведенных результатов исследования позволяет принимать решения о структуре площадей выращивания сильных пшениц в среднем многолетнем разрезе. Номограмма дает возможность уточнить эти данные путем расчета процентной обеспеченности тех или иных температур июня, а следовательно, того или иного содержания белка по годам и по территории. Приведенные материалы могут быть использованы как в научном плане, так и в сельскохозяйственном производстве для рационального размещения зерновых культур в Саратовской области.

## Библиографический список

1. Дегтярева Г. В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы. Л. : Гидрометеиздат, 1981. 216 с.
2. Дороганевская Е. А. Зависимость белковости зерна пшеницы от условий погоды // Доклад фенологической комиссии. Л. : Гидрометеиздат, 1966. Вып. 3. С. 10–15.
3. Ярошевский В. А., Топылева В. Л. Агрометеорологические показатели качества урожая яровой пшеницы // Метеорология и гидрология. 1969. № 8. С. 94–98.
4. Страшный В. Н. Влияние агрометеорологических условий на качество урожая озимой пшеницы // Метеорология и гидрология. 1975. № 10. С. 92–98.
5. Мель М. И. Географическое распределение белковости яровой пшеницы по территории СССР по связи с климатическими условиями // Труды / НИИ АК. 1959. С. 20–39
6. Дороганевская Е. А. Климатические факторы химизма сельскохозяйственных растений. Алма-Ата : Изд-во АН Казахской ССР, 1948. 212 с.
7. Дервянко А. Н. Агроклиматическое районирование Европейской части СССР по условиям формирования белковости зерна озимых культур // Труды / Ордена Ленина Гидрометеорологический Научно-исследовательский центр СССР. Вып. 301. Л. : Гидрометеиздат, 1988. С. 33–43.
8. Маттисен А. Е. К агроклиматическому районированию Нижнего Поволжья // Учёные записки Саратовского университета. 1959. Т. 72. С. 17–39.
9. Климатологический справочник СССР. Вып. 12. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. I. Температура воздуха. Л. : Гидрометеиздат, 1954. 431 с.

## Образец для цитирования:

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Районирование Саратовской области по условиям формирования белковости яровой пшеницы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 24–29. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-24-29>

## Cite this article as:

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Zoning of the Saratov Region According to Formation of Protein in Spring Wheat. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2019, vol. 19, iss. 1, pp. 24–29 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-24-29>