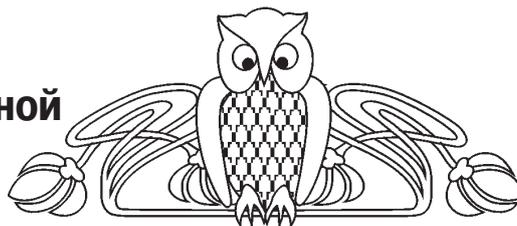




УДК [551.586:633.112.1](470.44)

## Корреляционная связь белковости яровой пшеницы со средней месячной температурой воздуха июня по станции «Саратов Юго-Восток»



С. И. Пряхина, Е. И. Ормели

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

Ормели Екатерина Ивановна, ассистент, Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, meteokatenok@mail.ru

В работе представлен прогноз качества зерна яровой пшеницы, полученный на основе корреляционной связи белковости зерна со средней месячной температурой воздуха июня. Коэффициент корреляции найденной зависимости составил 0,75; оправданность уравнения 94%. Статистическая значимость модели подтверждена с помощью критериев Стьюдента, Колмогорова–Смирнова и анализа остаточных отклонений.

**Ключевые слова:** корреляционная связь, прогноз качества зерна, средняя месячная температура воздуха, станция «Саратов Юго-Восток».

**Correlation Relationship between the Protein Content of Spring Wheat and the Average Monthly Air Temperature in June at the Station «Saratov South-East»**

S. I. Pryakhina, E. I. Ormeli

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

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

The article presents a forecast of grain quality of spring wheat, obtained on the basis of the correlation of grain protein content with the average monthly air temperature in June. The correlation coefficient of the found dependence was 0.75, the equation justification was 94%. The statistical significance of the model is confirmed using Student's criterion, the analysis of residual deviations and using the Kolmogorov-Smirnov criterion.

**Keywords:** correlation relationship, grain quality forecast, average monthly air temperature, station «Saratov South-East».

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-23-26>

### Введение

При возделывании зерновых культур большое внимание уделяется не только увеличению количества получаемого зерна, но и повышению его качества.

Качество зерна пшеницы, как и другой сельскохозяйственной продукции, во многом зависит от почвенно-климатических условий района ее возделывания. Известно, что с увеличением засушливости климата улучшаются мукомольно-хлебопекарные свойства зерна, повышается содержание в нем белка. Пшеничное зерно, выращенное в засушливых районах, всегда высоко ценится на международном рынке.

Прогноз качества зерна нового урожая, составленный с достаточной заблаговременностью, имеет важное значение для организации заготовки зерновых культур [1, 2].

### Корреляционная зависимость белковости яровой пшеницы от средней месячной температуры воздуха в июне

Фактического материала об изменчивости химического состава зерна в зависимости от климатических условий накопилось много. Однако количественных зависимостей, позволяющих рассчитать ожидаемое качество зерна пшеницы, мало. Этот вопрос требует разработки.

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 (таблица) [3].

Корреляционная диаграмма для средней температуры июня (°С) и содержания белка в яровой пшенице (%) в 1978–1995 гг. приведена на рис. 1.

По этим данным была построена модель линейной регрессии, имеющая вид

$$y = ax + b, \quad (1)$$

где  $x$  – средняя температура июня, °С, а  $y$  – содержание белка в яровой пшенице, %. Параметры модели  $a$  и  $b$  были найдены методом наименьших квадратов:

$$\Delta y_1 = y_1 - ax_1 - b, \quad (2)$$

где  $x_i$  и  $y_i$  – значения переменных,  $i = 1, 2, \dots, n$ , а  $n = 18$  – объем выборки. Параметры модели линейной регрессии (1) найдены с использованием метода наименьших квадратов и оказались равными

$$a = 0,46 \pm 0,10,$$

$$b = 4,9 \pm 2,0.$$



**Средняя месячная температура июня и белковость зерна яровой пшеницы,  
станция «Саратов Юго-Восток», 1978–1995 гг.**

Год	Средняя месячная температура воздуха июня, °С	Фактическая белковость яровой пшеницы Саратовская-58, %	Прогностическая белковость, %	Отклонения
1978	16,0	12,7	12,3	-0,4
1979	19,2	12,4	13,7	+1,3
1980	19,3	14,1	13,8	-0,3
1981	22,5	15,7	15,9	+0,2
1982	16,0	13,0	12,3	-0,7
1983	17,4	13,4	12,9	-0,5
1984	20,4	15,8	14,3	-1,5
1985	19,1	13,8	13,7	-0,1
1986	21,6	13,4	14,8	+1,4
1987	22,2	16,2	15,1	-1,1
1988	22,8	16,0	15,4	-0,6
1989	22,1	13,0	15,1	+2,1
1990	16,9	11,3	12,7	+1,4
1991	22,5	14,4	15,2	+0,8
1992	20,1	14,8	14,2	-0,6
1993	17,8	12,9	13,1	+0,2
1994	17,6	13,2	13,0	-0,2
1995	23,8	16,9	15,8	-1,1
Сумма	357,3	253,0	–	–
Среднее	19,8	14,1	14,1	±0,8

Построенная с этими параметрами регрессия показана сплошной линией на рис. 1.

Первостепенную важность имеет вопрос о статистической значимости найденной модели. Для ответа на этот вопрос был использован критерий Стьюдента. В качестве проверяемого утверждения в данном случае выдвигается гипотеза об отсутствии связи между переменными  $x$  и  $y$ . Это, в свою очередь, требует, чтобы среднее значение выборочной оценки углового коэффициента в выражении (2) равнялось нулю. При этом случайная величина

$$t_k = \frac{a}{S_a} \quad (3)$$

будет иметь распределение Стьюдента с числом степеней свободы  $k = n - 2$ . Для обычно используемого уровня значимости  $\alpha = 0,05$  и имеющегося числа степеней свободы  $k = 16$  критическое значение критерия равно  $t_{cr} = 2,12$ , в то время как подстановка в выражение (3) найденных значений  $a$  и  $S_a$  дает  $t_k = 4,60$ . Поскольку  $t_k > t_{cr}$ , то гипотеза об отсутствии связи между переменными  $x$  и  $y$  отвергается с вероятностью 0,95 и мы можем использовать альтернативную гипотезу о наличии линейной связи.

Еще одним путем оценки качества нашей модели является анализ остаточных отклонений  $\Delta y_i$  (2). Так как на эти отклонения может влиять

много факторов, включая погрешности измерения, то для их распределения естественно ожидать близость к нормальному распределению. При использовании статистических компьютерных программ из библиотеки NAG (Numerical Analysis Group) были получены оценки основных характеристик распределения остаточных отклонений: среднее значение  $0,00 \pm 0,24$  (%), среднеквадратичное отклонение  $1,01 \pm 0,17$  (%), асимметрия  $-0,65 \pm 0,49$  и эксцесс  $-0,80 \pm 0,77$ . Для выяснения характера распределения был построен полигон выборочных частот, показанный на рис. 2 и являющийся оценкой плотности вероятности случайной величины. Число градаций  $m$  выбиралось с использованием часто применяемого в метеорологии эмпирического соотношения  $m = 5 \lg(n)$ .

Необходимо отметить, что небольшой объем выборки приводит к заметным погрешностям в оценках характеристик распределения и выборочных частот. Тем не менее в пределах оцененных погрешностей асимметрия и эксцесс допускают нулевые значения, присущие нормальному распределению.

Для более детального анализа возможности совпадения распределения остаточных отклонений  $\Delta y_i$  с нормальным был использован критерий Колмогорова – Смирнова. При этом модуль максимального отклонения эмпирического распределения от теоретического оказался

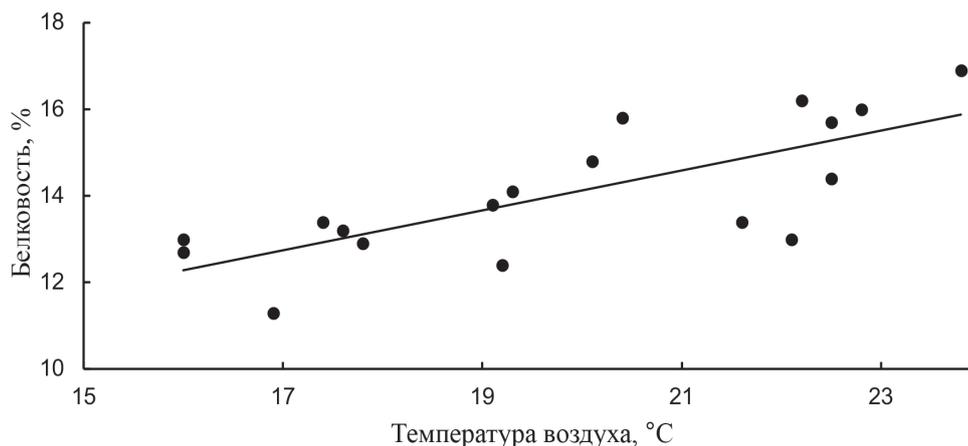


Рис. 1. Корреляционная зависимость белковости яровой пшеницы от средней месячной температуры воздуха в июне

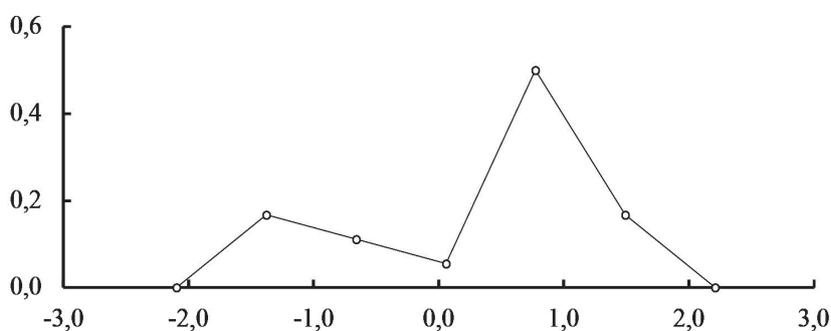


Рис. 2. Полигон выборочных частот для оценки плотности вероятности значений

равным  $D = 0,202$ , а значение параметра Колмогорова  $-\lambda = D\sqrt{n} = 0,857$ . Для уровня значимости  $\alpha = 0,05$  критическое значение параметра равно  $\lambda_{cr} = 1,182$ . Поскольку  $\lambda < \lambda_{cr}$ , гипотеза о согласии распределения остаточных отклонений  $\Delta u_i$  с нормальным, имеющим математическое ожидание  $0,00\%$  и среднее квадратичное отклонение  $1,01\%$ , не может быть отвергнута.

Таким образом, несмотря на небольшой объем выборки, все статистические тесты свидетельствуют об адекватности модели (1) с оцененными значениями параметров  $a$  и  $b$  для описания связи содержания белка в яровой пшенице со средней температурой июня.

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

## Выводы

Оправдываемость найденного уравнения регрессии (1) составляет 94%. Достаточно высокая корреляционная связь между белковостью

зерна и средней месячной температурой июня объясняется тем, что в Саратовской области в этом месяце белковые вещества перераспределяются из листьев и стеблей в зерновку, а термический режим оказывает большое влияние на такое перераспределение. Чем выше температура воздуха в июне, тем благоприятнее условия для формирования зерна с высоким содержанием в нем белка. При выборе этого показателя авторы исходили из двух основных предпосылок: показатель должен легко рассчитываться по материалам стандартных наблюдений и, вместе с тем, быть высокоинформативным. Средняя месячная температура июня отвечает данным требованиям: она рассчитывается на всех метеорологических станциях.

Найденная формула проста и может быть составлена для любой станции нашего региона. Как видно из таблицы, высокобелковая яровая пшеница (с содержанием белка более 14%) на полях Саратовской области формируется в те годы, когда температура июня выше  $19,5^\circ\text{C}$ .

## 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. : Гидрометеоиздат, 1966. Вып. 3. С. 10–15.

3. 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.

---

**Образец для цитирования:**

Пряхина С. И., Ормели Е. И. Корреляционная связь белковости яровой пшеницы со средней месячной температурой воздуха июня по станции «Саратов Юго-Восток» // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 23–26. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-23-26>

**Cite this article as:**

Pryakhina S. I., Ormeli E. I. Correlation Relationship between the Protein Content of Spring Wheat and the Average Monthly Air Temperature in June at the Station «Saratov South-East». *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 23–26 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-23-26>

---