

Земледелие и мелиорация

УДК 631.15:911.63

DOI: 10.31857/S2500262721040013

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ**О.Г. Чуян**, доктор биологических наук, **Л.Н. Караулова**, кандидат сельскохозяйственных наук, **О.А. Митрохина**, кандидат сельскохозяйственных наук, **А.Н. Золотухин**, младший научный сотрудник*Курский федеральный аграрный научный центр – ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии
305021, Курск, ул. Карла Маркса, 70 б
E-mail: agrochemgis@mail.ru*

Исследования проводили с целью комплексного анализа природных, почвенно-климатических и агротехнических условий формирования урожая основных сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземном районе (ЦЧР). Объектом для научно-теоретических обобщений были взаимосвязи между урожайностью сельскохозяйственных культур, агроклиматическими показателями, качеством почв, а также использованием удобрений. Наибольшим количеством лет с оптимальными условиями увлажнения в ЦЧР характеризуются территории Белгородской (60,3 %), Курской (53,4 %) и Липецкой областей (63,2 %), засушливых лет – Воронежской (46,6 %) и Тамбовской (48,3 %) областей. В среднем за 2012–2019 гг. гидротермический коэффициент в ЦЧР был равен 0,92 с варьированием от 0,41 до 1,67 (30 %). Климатический потенциал продуктивности пашни на территории ЦЧР по районам составляет от 3,4 до 7,1 тыс. зерн. ед./га (14,4 %). По уровню плодородия почв области ЦЧР можно расположить в следующий ряд: Белгородская > Воронежская > Курская > Липецкая > Тамбовская. В 1996–2019 гг. продуктивность пашни на их территориях варьировала от 1,51 до 4,96 тыс. зерн. ед./га (34,9 %). Среднегодовой прирост продуктивности пашни по временному тренду был равен 0,12 тыс. зерн. ед./га. Территориальное варьирование продуктивности пашни за 2012–2019 гг. составляло от 2,45 до 5,53 тыс. зерн. ед./га. Формирование урожайности сельскохозяйственных культур обусловлено взаимодействием природных (климатических, почвенных) и агротехнических факторов ($R_{mn} = 0,52...0,81$). Наибольшая продуктивность культур достигается при гидротермическом коэффициенте равном 1,32.

IMPLEMENTATION OF THE NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF CENTRAL CHERNOZEM REGION**Chuyan O.G., Karaulova L.N., Mitrokhina O.A., Zolotukhin A.N.***Federal Agricultural Kursk Research Center,
305021, Kursk, ul. Karla Marksa, 70 b
E-mail: agrochemgis@mail.ru*

The aim of the work consisted in a comprehensive analysis of natural, soil, climatic and agronomical conditions of the yield formation of main crops in Central Chernozem Region. The object of scientific and theoretical generalizations was the relationship between crop yields and agroclimatic indicators, soil quality, as well as the application of fertilizers. The territories of Belgorod (60.3 %), Kursk (53.4 %) and Lipetsk regions (63.2 %) have the highest number of years with optimal humidification conditions, while the territories of Voronezh (46.6 %) and Tambov (48.3 %) regions have the highest proportion of dry years. The hydrothermal coefficient for the period 2012–2019 averaged 0.91 for the territory of the Central Chernozem Region (CChR), varying from 0.65 to 1.19 (19.8 %). The climatic potential of arable land productivity in CChR varies by region from 3.4 to 7.1 t/ha (14.4 %). According to the level of soil fertility, the regions of CChR are arranged in the following order: Belgorod > Voronezh > Kursk > Lipetsk > Tambov. For the period 1996 – 2019 the productivity of arable land in those territories varied from 1.51 to 4.96 t of yield units per hectare (34.9 %). The average annual increase in arable land productivity according to the time trend was 0.12 t. of yield units / ha. The territorial variation of arable land productivity in 2012–2019 that is 2.45 to 5.53 t. of yield units / ha. The formation of crop yield is caused by the interaction of natural (climatic, soil) and agronomical factors ($R_{mn} = 0.52...0.81$). The maximum levels of crop productivity correspond to the hydrothermal coefficient (HTC) of 1.32.

Ключевые слова: ресурсы продуктивности пашни, климатически обеспеченная урожайность, качество почв, комплексная оценка, урожай сельскохозяйственных культур, Центральное Черноземье

Key words: arable land productivity resources, climate-assured yield, soil quality, integrated assessment, crop yield, Central Chernozem region

Главные производственные культуры, занимающие более 80 % пашни в ЦЧР, – озимая пшеница, яровая ячмень, кукуруза на зерно, подсолнечник, соя, сахарная свекла, кукуруза на зеленый корм, горох и гречиха. При этом доля посевов важнейших зерновых культур (озимая пшеница и яровая ячмень) в среднем за десять последних лет варьировала от 38 % в Белгородской области до 47 % в Курской и Тамбовской областях. В Центрально-Черноземном регионе сосредоточено в среднем 17,4 % посевов озимой пшеницы, ячменя и кукурузы на зерно в России. В среднем на территории ЦЧР в 2012–2019 гг. было выращено 33,3 % зерна ку-

курузы, 18,8 % озимой пшеницы и 26,7 % ячменя. В последние годы в регионе происходят значительные изменения климатических условий [1, 2], которые способны повлиять на биоклиматический потенциал его территории [3]. На урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность пашни наибольшее воздействие оказывают климатические [4, 5], почвенные и агротехнические условия, поэтому предварительная оценка агроклиматических ресурсов продуктивности [6, 7] и комплексный анализ качества почв – необходимые элементы управления плодородием почв и рациональным использованием ресурсов земледелия.

Цель исследований заключалась в комплексном анализе природных, почвенно-климатических и агротехнических условий формирования урожая основных сельскохозяйственных культур на территории Центрального Черноземья.

Методика. Работу выполняли на базе лаборатории агрохимии и ГИС ФГБНУ «Курский ФАНЦ» на основе системного анализа сопряженного комплекса агроклиматических и почвенных параметров, агрохимических свойств и продуктивности сельскохозяйственных культур. Использовали материалы Федеральной службы государственной статистики по Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областям [8]. Учитывали урожайность сельскохозяйственных культур, на которые приходится основная часть посевных площадей в ЦЧР: озимой и яровой пшеницы, ячменя, овса, кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, гречихи, гороха и сои, а также внесение удобрений. Данные по тепло-влажностности брали из летописей погоды [9]. Агроклиматический потенциал продуктивности пашни рассчитывали на основе среднееголетних показателей агроклиматических ресурсов тепла и влаги для периода активной вегетации по возможному расходу продуктивной влаги [10]. Комплексную оценку качества почв пахотных земель проводили с учетом агрохимических свойств на основании подходов, представленных ранее [11].

Для оценки продукционных возможностей пашни по территориям областей ЦЧР осуществляли последовательный расчет величин базовой урожайности (У_б), которой можно достичь без применения удобрений, и действительно возможной урожайности сельскохозяйственных культур (ДВУ) на основе комплексной оценки агрохимических показателей и климатически обеспеченной урожайности (КОУ) с учетом среднееголетних агроклиматических параметров:

$$Y_b = K_A \times KOY \times \frac{ПП_i - ПП_{min}}{ПП_C - ПП_{min}} \quad (1)$$

$$ДВУ = Y_b + (ПП_i - ПП_{min}) \times \frac{КОУ - Y_b}{ПП_{max} - ПП_{min}} \quad (2)$$

где K_A – коэффициент на агротехнику; КОУ – климатически обеспеченная урожайность сельскохозяйственных культур; $ПП_i$, $ПП_C$, $ПП_{max}$, $ПП_{min}$ – комплексный балл оценки качества почвы соответственно для оцениваемого участка, средний по территории, максимальный и минимальный.

Динамику производства сельскохозяйственной продукции оценивали на основе абсолютных показателей варьирования уровней временных рядов урожаев сельскохозяйственных культур (среднего линейного и квадратического отклонения), а также относительных характеристик: коэффициента устойчивости уровней динамических рядов и параметра устойчивости тенденции динамики урожаев – индекса корреляции, отражающего степень сопряженности варьирования величин урожаев с совокупностью факторов, повышающих их, во времени [12, 13, 14].

Результаты и обсуждение. Анализ агроклиматических условий ЦЧР за 1960–2019 гг. показал, что по теплообеспеченности территории, входящих в него областей, можно расположить в следующий возрастающей последовательности: Тамбовская < Липецкая <

Табл. 1. Оценка агроклиматических условий на территории областей ЦЧР (1960–2019 гг.)

| Показатель | Количество лет, % | | | | |
|-------------------------------|-------------------|--------------|-------------|----------|------------|
| | Курская | Белгородская | Воронежская | Липецкая | Тамбовская |
| Сумма температур более 10 °С: | | | | | |
| 2100...2400 | 26 | 12 | 5 | 30 | 41 |
| 2500...2800 | 69 | 67 | 66 | 65 | 55 |
| 2900...3200 | 5 | 21 | 29 | 5 | 3 |
| Увлажнение по ГТК | | | | | |
| 0,5...1,0 недостаточное | 27,6 | 36,2 | 46,6 | 33,3 | 48,3 |
| 1,0...1,6 оптимальное | 53,4 | 60,3 | 44,8 | 63,2 | 44,8 |
| >1,6 избыточное | 19,0 | 3,4 | 8,6 | 3,5 | 6,9 |

Курская < Белгородская < Воронежская (табл. 1). По степени увлажнения наибольшее количество лет с оптимальными условиями наблюдали на территории Белгородской (60,3 %), Курской (53,4 %) и Липецкой областей (63,2 %), засушливых – в Воронежской (46,6 %) и Тамбовской (48,3 %) областях.

Более объективно отражают условия формирования урожая комплексные агроклиматические показатели (ГТК). В наших исследованиях на оптимальном уровне величина ГТК чаще всего находилась в Белго-

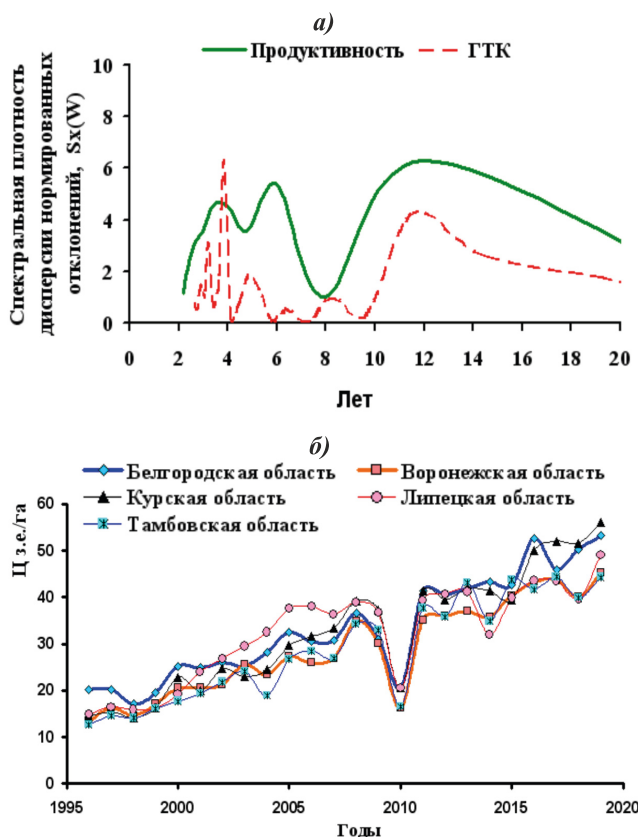


Рис. 1. Динамика продуктивности пашни (а) и периодичность изменения урожайности (б) в связи с гидротермическими условиями периода с температурой более 10° С.

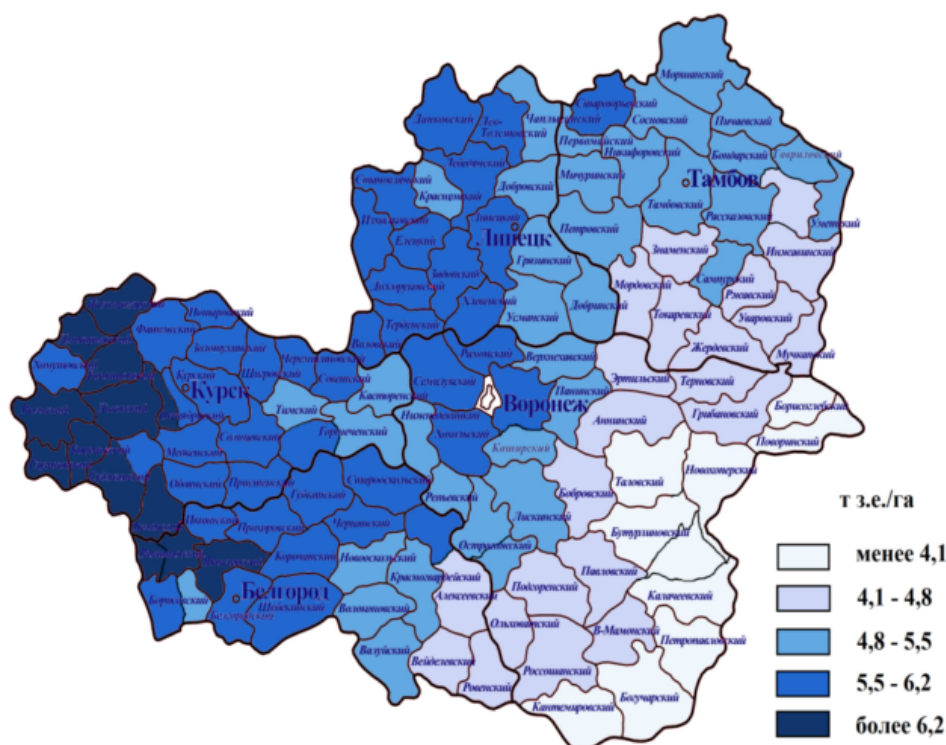


Рис. 2. Климатический потенциал продуктивности пашни территорий областей ЦФР, тыс. зерн. ед./га.

родской и Липецкой областях (60,3...63,2 % лет), реже в Тамбовской и Воронежской областях (в обоих субъектах Федерации 44,8 % лет).

Наибольшая продуктивность пашни в расчете на убранную площадь в хозяйствах всех категорий (тыс. зерн. ед./га) в 1996–2019 гг. отмечена на территории Белгородской (1,7...5,3) и Курской (1,4...5,6) областей, самая низкая – в Липецкой (1,5...4,9), Воронежской (1,3...4,5) и Тамбовской (1,3...4,4) областях. Характерен значительный тренд повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур. Происходящие измене-

ния в динамике тесно связаны с погодными условиями и отражают как засушливые, так и избыточно увлажненные периоды (рис. 1).

Оцененная по результатам спектрального анализа, периодичность изменений коэффициентов годового увлажнения и ГТК Селянинова составила 4...5 и 11...12 лет. Параболическая зависимость продуктивности пашни от ГТК характеризуется экстремумом при значении 1,32.

Ввиду значимого влияния условий минерального питания на урожайность сельскохозяйственных куль-

Табл. 2. Климатические и почвенные показатели территории областей ЦФР за 2012–2019 гг.

| Область | Показатель | ГТК | КПП*, тыс. зерн. ед./га | Комплексный показатель плодородия (ПП) | Минеральные удобрения, кг д.в. NPK/га | ДВУ, тыс. зерн. ед./га |
|--------------|------------|-------------|-------------------------|--|---------------------------------------|------------------------|
| Белгородская | Хер ± Sd | 0,92 ± 0,29 | 5,62 ± 0,59 | 84,60 ± 4,30 | 82,6 ± 22,9 | 5,15 ± 0,46 |
| | Lim | 0,53...1,67 | 4,20...6,30 | 73,60...91,00 | 27,0...136,0 | 4,01...5,74 |
| | V, % | 31,0 | 10,5 | 5,1 | 27,8 | 9,0 |
| Воронежская | Хер ± Sd | 0,85 ± 0,25 | 4,66 ± 0,75 | 79,40 ± 3,90 | 51,1 ± 19,8 | 4,08 ± 0,54 |
| | Lim | 0,41...1,51 | 3,40...6,20 | 72,50...87,00 | 14,0...94,0 | 2,89...4,97 |
| | V, % | 30,0 | 16,1 | 4,9 | 38,9 | 13,2 |
| Курская | Хер ± Sd | 1,01 ± 0,24 | 6,12 ± 0,41 | 77,40 ± 8,36 | 99,0 ± 31,2 | 5,22 ± 0,41 |
| | Lim | 0,57...1,61 | 5,40...7,10 | 62,80...93,30 | 49,0...142,0 | 4,49...6,11 |
| | V, % | 23,0 | 6,7 | 10,8 | 29,9 | 7,8 |
| Липецкая | Хер ± Sd | 0,92 ± 0,30 | 5,73 ± 0,31 | 74,50 ± 4,30 | 85,6 ± 25,9 | 4,77 ± 0,22 |
| | Lim | 0,46...1,52 | 5,00...6,10 | 70,00...89,00 | 30,0...135,0 | 4,36...5,30 |
| | V, % | 33,0 | 5,4 | 5,8 | 30,4 | 4,7 |
| Тамбовская | Хер ± Sd | 0,92 ± 0,31 | 4,94 ± 0,38 | 72,80 ± 6,40 | 58,1 ± 14,3 | 4,03 ± 0,41 |
| | Lim | 0,46...1,62 | 4,20...5,60 | 64,00...85,30 | 26,0...86,0 | 3,50...4,94 |
| | V, % | 33,0 | 7,6 | 8,8 | 24,6 | 10,1 |

*КПП – климатический потенциал продуктивности пашни, тыс. зерн. ед./га.

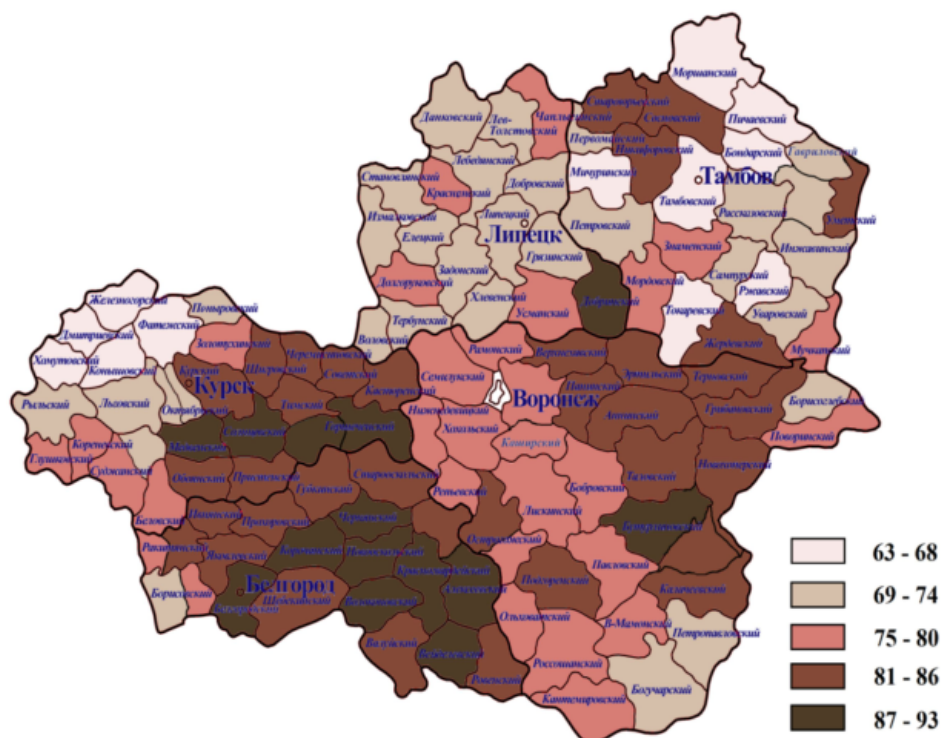


Рис. 3. Распределение территорий районов областей ЦФР по величине комплексного показателя плодородия почв.

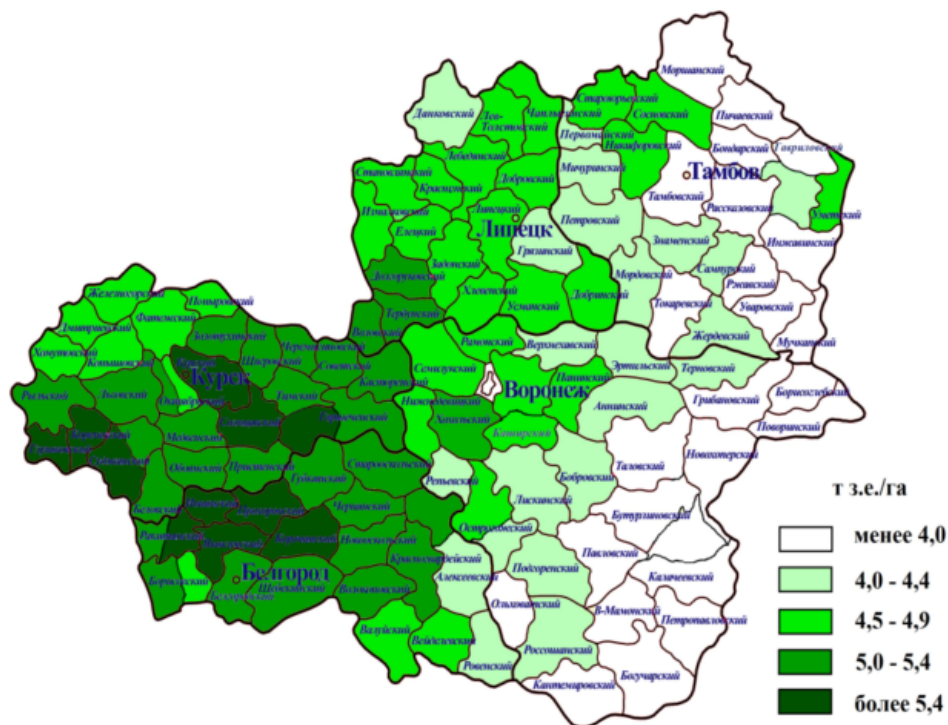


Рис. 4. Действительно возможный уровень продуктивности пшени области ЦФР, тыс. зерн. ед./га.

Табл. 3. Средняя урожайность основных сельскохозяйственных культур за период 2012–2019 гг. на территории областей ЦЧР, ц/га

| Область | Показатель | Пшеница озимая | Пшеница яровая | Ячмень яровой | Овес | Кукуруза на зерно | Соя |
|--------------|------------|----------------|----------------|---------------|-------------|-------------------|------------|
| Белгородская | Xcp±Sd | 44,6±8,6 | 31,6±9,4 | 34,1±6,9 | 26,8±9,1 | 60,2±18,2 | 19,2±5,3 |
| | Lim | 25,1...60,3 | 8,1...55,8 | 15,1...49,9 | 3,6...51,4 | 26,6...101,6 | 5,9...30,4 |
| | V, % | 19,2 | 29,7 | 20,3 | 33,7 | 30,3 | 27,7 |
| Воронежская | Xcp±Sd | 35,6±8,5 | 26,2±8,4 | 26,1±6,4 | 23,3±6,7 | 47,6±15,9 | 13,8±4,3 |
| | Lim | 15,6...56,9 | 7,6...55,0 | 12,3...44,6 | 10,8...47,1 | 19,3...103,0 | 4,1...26,8 |
| | V, % | 23,8 | 32,1 | 24,6 | 28,5 | 33,5 | 31,3 |
| Курская | Xcp±Sd | 41,8±9,7 | 35,0±10,9 | 34,9±8,3 | 27,0±7,1 | 66,2±17,7 | 18,0±4,8 |
| | Lim | 18,7...62,0 | 10,6...60,7 | 17,0...54,8 | 12,1...51,3 | 26,4...110,1 | 4,3...31,9 |
| | V, % | 23,2 | 31,1 | 23,9 | 26,2 | 26,7 | 26,5 |
| Липецкая | Xcp±Sd | 36,5±8,7 | 33,4±10,6 | 30,7±6,6 | 25,3±7,3 | 55,1±15,9 | 15,4±4,4 |
| | Lim | 16,9...52,4 | 4,3...55,7 | 19,2...49,7 | 9,2...48,1 | 8,0...94,0 | 3,4...26,8 |
| | V, % | 23,8 | 31,7 | 21,5 | 28,8 | 28,9 | 28,6 |
| Тамбовская | Xcp±Sd | 33,4±7,4 | 27,5±7,1 | 27,0±5,3 | 20,8±5,4 | 57,4±14,7 | 15,4±4,9 |
| | Lim | 13,5...48,6 | 9,0...48,1 | 12,9...41,0 | 7,0...43,2 | 17,9...106,4 | 5,6...30,7 |
| | V, % | 22,3 | 25,9 | 19,5 | 26,1 | 25,6 | 31,8 |

тур [15], в качестве параметра интенсификации производства необходимо учитывать насыщение пашни удобрениями (кг NPK д.в./га).

В целом динамика продуктивности пашни (зерн. ед./га) для районов областей ЦЧР (n = 122) можно охарактеризовать следующей зависимостью:

$$Y = -11,0 + 1,17 \cdot X_1 + 36,7 \cdot X_2 - 13,96 \cdot X_2^2 + 0,066 \cdot X_3,$$

$$F = 168,1, R = 0,93, p < 10^{-4},$$

где X_1 – порядковый номер временного ряда (1...60, 1960–2019 гг.); X_2 – гидротермический коэффициент Селянинова; X_3 – удобрения, кг NPK д.в./га.

Среднегодовой прирост продуктивности пашни по временному тренду составил 0,12 тыс. зерн. ед./га, что связано с совершенствованием агротехники и сортообновлением. Внесение 1 кг действующего вещества удобрений обеспечивало прирост продуктивности на 6,6 зерн. ед.

Уровень климатически обеспеченной продуктивности пашни на территории областей ЦЧР в 2012–2019 гг. (рис. 2, табл. 2) варьировал в пределах от 3,4 до 7,1 тыс. зерн. ед./га (14,5 %). В соответствии с гидротермическими условиями по величине климатически обеспеченной продуктивности пашни области ЦЧР можно расположить в следующем порядке: Курская (5,4...7,1) > Белгородская (4,2...6,3) > Липецкая (5,0...6,1) > Тамбовская (4,2...5,6) > Воронежская (3,4...6,2 тыс. зерн. ед./га).

Качество почв на территории ЦЧР в наибольшей мере связано с содержанием подвижного фосфора, калия и кислотностью. По величине комплексного показателя плодородия почвы (рис. 3, табл. 2) области ЦЧР можно расположить в следующем порядке: Белгородская (84,60 ± 4,30) > Воронежская (79,40 ± 3,90) > Курская (77,40 ± 8,36) > Липецкая (74,50 ± 4,30) > Тамбовская (72,80 ± 6,40).

Уровень действительно возможной продуктивности пашни на территории областей ЦЧР варьирует от 2,89 до 6,11 тыс. зерн. ед./га (15,1 %). По величине этого показателя (рис. 4, табл. 2) их можно расположить в следующем порядке: Курская (5,22 ± 0,41) > Белгородская (5,15 ± 0,46) > Воронежская (4,08 ± 0,54) > Липецкая (4,77 ± 0,22) > Тамбовская (4,03 ± 0,41) тыс. зерн. ед./га.

Территориальное варьирование фактических урожаев сельскохозяйственных культур обусловлено различиями совокупности природных и антропогенных факторов (см. табл. 2). Результаты анализа интенсификации производства, проведенного с учетом насыщения пашни минеральными удобрениями (д.в. кг NPK/га) в 2012–2019 гг., свидетельствуют, что эффекты от внесения удобрений или повышения качества почв проявляются в соответствии с величиной климатического потенциала продуктивности. Это отражается положительным взаимодействием указанных факторов. Окупаемость удобрений на более обеспеченных элементами питания почвах снижается, что характеризуется отрицательным взаимодействием (табл. 3, 4).

Урожайность сельскохозяйственных культур формируется при взаимодействии природных и агротехнических факторов. Теснота связи величины этого показателя с расчетной действительно возможной урожайностью (ДВУ) характеризуется значимыми коэффициентами парной корреляции (R = 0,49...0,80). Ана-

Табл. 4. Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от агроклиматических, почвенных и агротехнических факторов на территории ЦЧР

| Культура | Параметры уравнений вида* $Y = d + a \cdot X_1 X_2 + b \cdot X_1 X_3 + c \cdot X_2 X_3$ | | | | Параметры связи | |
|----------------------|--|--------|---------|----------|-----------------|-----|
| | d | a | b | c | R | F |
| Зерновые | 20,6 | 0,0035 | 0,0031 | -0,0014 | 0,76 | 54 |
| Озимая пшеница | 14,3 | 0,0045 | 0,00088 | - | 0,81 | 116 |
| Яровая пшеница | 10,3 | 0,0032 | 0,0032 | -0,0013 | 0,75 | 50 |
| Ячмень | 12,6 | 0,0024 | 0,0017 | - | 0,78 | 93 |
| Овес | 4,7 | 0,0047 | 0,002 | -0,0012 | 0,52 | 14 |
| Кукуруза | 17,0 | 0,0052 | 0,0047 | -0,0042 | 0,68 | 35 |
| Соя | 5,0 | 0,0036 | 0,0014 | -0,00025 | 0,67 | 32 |
| Продуктивность пашни | 19,6 | 0,0038 | 0,0029 | -0,0012 | 0,77 | 58 |

*где Y – урожайность культуры, ц/га; X_1 – КОУ, ц/га; X_2 – комплексный показатель плодородия, ПП; X_3 – внесение минеральных удобрений, кг д.в. NPK/га.

лиз динамических рядов урожайности за 1996–2019 гг. показал, что по величине коэффициента их устойчивости (%) сельскохозяйственные культуры на территории ЦЧР можно расположить в следующий возрастающий ряд: горох (72,2) < гречиха (72,9) < соя (74,2) < кукуруза (74,6) < озимая пшеница (79,9) < ячмень (80,1) < сахарная свекла (82,2) < подсолнечник (83,9), что связано, в основном, с биологией самих культур и длительностью периода активной вегетации. При этом как по степени устойчивости, так и по самой динамике роста урожая за длительный срок (по индексу корреляции) выделяются культуры, в наибольшей мере испытывавшие генетические изменения и сортообновление: горох (0,641) < озимая пшеница (0,729) < ячмень (0,755) < гречиха (0,771) < соя (0,845) < кукуруза (0,851) < сахарная свекла (0,889) < подсолнечник (0,931).

Таким образом, агроклиматические условия – один из основных факторов территориальных различий устойчивости производства сельскохозяйственной продукции и динамики ее роста. Устойчивость тенденции роста урожая по субъектам Федерации ЦЧР соответствует следующей иерархии: Курская область (0,865) > Белгородская область (0,815) > Воронежская область (0,795) > Тамбовская область (0,793) > Липецкая область (0,740).

Варьирование урожайности сельскохозяйственных культур на территории ЦЧР обусловлено совокупным взаимодействием климатических условий, агротехники и качества почв ($R_{\text{мн}} = 0,52...0,81$). Анализ природных ресурсов продуктивности служит основой для ранжирования территориальных объектов по приоритету мероприятий, направленных на повышение плодородия почв, совершенствование структуры посевных площадей и оптимизации агротехники.

Литература.

1. *Khlebnikova E.I., Rudakova Yu.L., Shkolnik I.M. Changes in Precipitation Regime over the Territory of Russia: Data of Regional Climate Modeling and Observations // Russian Meteorology and Hydrology. 2019. V. 44. No. 7. P. 431–439.*
2. *Trends in Summer Season Climate for Eastern Europe and Southern Russia in the Early 21 st Century / M.G. Lebedeva, O.V. Krymskaya, A.R. Lupo, et al. // Advances in Meteorology. 2016. Vol. 2016. Article ID 5035086. URL: <https://www.hindawi.com/journals/amete/2016/5035086/> (дата обращения: 15.01.2021).*
3. *Pavlova V., Karachenkova A., Shkolnik I. Future changes in spring wheat yield in the European Russia as inferred from a large ensemble of high-resolution climate projections // Environmental Research Letters. 2019. V. 14. No 3. P. 034010. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaf8be/pdf> (дата обращения: 15.01.2021).*
4. *Кошкин Е.И., Андреева И.В., Гусейнов Г.Г. Влияние глобальных изменений климата на продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессорам // Агрохимия. 2019. №12. С. 83–96.*
5. *Izrael Yu.A., Sirotenko O.D. Modeling climate change impact on Russian agriculture productivity // Russian Meteorology and Hydrology. 2003. No 6. P. 5–17.*
6. *Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Пракопьев Е.А. Влияние изменения климата на сельское хозяйство Российских регионов // Регионология. 2015. № 2. (91). С. 56–63.*
7. *Павлова В.Н., Каланка П., Караченкова А.А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // Метеорология и гидрология. 2020. № 1. С. 78–94.*
8. *Паспорт муниципального образования (munst14 - Белгородская область; munst20 - Воронежская область; munst38 - Курская область; munst42 - Липецкая область; munst68 - Тамбовская область). URL: https://rosstat.gov.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst 14. (дата обращения: 26.02.2020).*
9. *Температура воздуха и осадки по месяцам и годам: (=31 Белгородская область; =36 - Воронежская область; =46 - Курская область; =48 - Липецкая область; =68 - Тамбовская область), Россия. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history.php?id=ru®ion=31>. (дата обращения: 02.03.2020).*
10. *Чуян, О.Г., Дериглазова, Г.М. Оценка агроклиматического потенциала продуктивности пашни для модели управления агрохимическими свойствами почв // Земледелие. 2018. № 7. С. 6–11.*
11. *Оценка плодородия / А.С. Фрид, О.Г. Чуян, В.Д. Соловиченко и др. // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 17–34.*
12. *РусакOVA Т.И., Лебедева В.М., Грингоф И.Г. Исследования климатообусловленных колебаний урожайности основных зерновых культур, их количественная оценка в новых социально - экономических условиях Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2010. №12. С. 88–97.*
13. *Суслов, С.А., Громова, И.В. Методика региональной оценки экономической устойчивости сельскохозяйственного производства // Вестник НГИЭИ. 2012. № 5(12). С. 100–114.*
14. *Камышенко Г.А. Анализ устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур Беларуси (на примере озимой пшеницы и картофеля) // Природопользование. 2010. Вып. 18. С. 97–102.*
15. *Критерии и ресурсы продуктивности пашни в условиях лесостепной зоны Центрального Черноземья / В.Д. Соловиченко, В.В. Никитин, В.В. Мельников и др. // Агрохимический вестник. 2016. №5. С. 28–33.*

Поступила в редакцию 10.03.2021
 После доработки 15.04.2021
 Принята к публикации 20.05.2021