

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.452:631.416 (470.324)

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2026_2_12

EDN: FGyIIV

Тенденции изменения плодородия пахотных почв Воронежской области в процессе их длительного сельскохозяйственного использования

Дмитрий Александрович Медведев^{1✉}, Александр Митрофанович Новичихин²

^{1, 2} Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева,

Таловский район, Воронежская область, Россия

¹ medwedewdimas@yandex.ru[✉]

Аннотация. В условиях нарастающей антропогенной нагрузки и интенсификации земледелия почва подвергается существенным качественным трансформациям. Агрохимический мониторинг как система регулярных наблюдений позволяет не только диагностировать текущее состояние плодородия пашни, но и выявлять долгосрочные тренды деградационных процессов, таких как дегумификация, закисление и истощение запасов питательных элементов. Представлены результаты комплексного анализа многолетней динамики основных показателей плодородия пахотных почв Воронежской области. Исследование основано на материалах сплошного агрохимического обследования, проведенного Воронежским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» за период с 1964 по 2025 г., в который вошли 11 полных циклов мониторинга плодородия почв. Установлено, что за указанный временной интервал произошла существенная трансформация физико-химических свойств черноземов. Выявлен устойчивый тренд нарастания обменной кислотности почв pH_{KCl} , наиболее выраженный с 8-го тура агрохимического обследования (2006–2010 гг.). Данный процесс обусловлен интенсификацией применения физиологически кислых удобрений на фоне многолетнего дефицита известкования. Содержание гумуса долгое время оставалось стабильным, однако начиная с 9-го цикла (2011–2015 гг.) была выявлена дегумификация пашни региона, особенно в Воробьевском, Таловском и Семилукском районах. Кроме того, зафиксирован существенный рост обеспеченности пашни подвижными формами фосфора и калия, что связано с увеличением их поступления с минеральными удобрениями. Для первого элемента этот рост характеризуется зональной дифференциацией с юго-востока на северо-запад региона. Полученные результаты имеют важное значение, так как показывают необходимость расширения объемов химической мелиорации почв.

Ключевые слова: агрохимический мониторинг, органическое вещество почвы, кислотность, подвижные формы фосфора и калия, долгосрочные тренды

Для цитирования: Медведев Д.А., Новичихин А.М. Тенденции изменения плодородия пахотных почв Воронежской области в процессе их длительного сельскохозяйственного использования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2026. Т. 19, № 2(89). С. 12–20. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_12–20.

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Arable soils fertility trends in Voronezh Oblast during their long-term agricultural utilization

Dmitry A. Medvedev^{1✉}, Aleksandr M. Novichikhin²

^{1, 2} Voronezh Federal Agricultural Scientific Center named after V.V. Dokuchaev,

Talovsky District, Voronezh Oblast, Russia

¹ medwedewdimas@yandex.ru[✉]

Abstract. Under increasing anthropogenic load and intensification of agriculture, the soil undergoes significant qualitative transformations. Agrochemical monitoring as a system of regular observations allows not only to diagnose the current state of arable land fertility, but also to identify long-term trends in degradation processes such as dehumification, acidification and nutrient depletion. The results of an in-depth analysis of the long-term dynamics of the main indicators of fertility of arable soils in Voronezh Oblast are presented. The study is based on materials from a comprehensive agrochemical survey conducted at Voronezh Branch of Agrochemical Service of Russia for the period from 1964 to 2025, which included 11 complete cycles of soil fertility monitoring. It has been established that a significant transformation of the physico-chemical properties of chernozem soils took place during the specified time interval. A steady trend of increasing the reverse acidity of soils pH_{KCl} , was revealed, which has been most pronounced

since Cycle 8 of the agrochemical survey (2006-2010). This process is due to the intensification of physiologically acidic fertilizers' application against the background of a long-term shortage of liming. The humus content for a long time remained stable, however, starting from Cycle 9 (2011-2015), dehumification of the region's arable land was detected, especially in Vorobyovsky, Talovsky and Semiluksky districts. In addition, there was a significant increase in the availability of labile forms of phosphorus and potassium in arable land, which is associated with an increase in their intake from mineral fertilizers. For the first element, this increase is characterized by zonal differentiation from the southeast to the northwest of the region. The results obtained are important because they show the need to expand the scope of chemical soil reclamation.

Keywords: agrochemical monitoring, soil organic matter, acidity, labile forms of phosphorus and potassium, long-term trends

For citation: Medvedev D.A., Novichikhin A.M. Arable soils fertility trends in Voronezh Oblast during their long-term agricultural utilization. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2026;19(2):12-20. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2026_2_12-20.

Основным природным ресурсом Воронежской области, определяющим экологический и экономический потенциал, являются уникальные черноземные почвы, которые занимают большую часть территории региона. Высокое содержание гумуса и оптимальная структура воронежских черноземов позволяют рассматривать их не только как региональное достояние, но и как ключевой элемент обеспечения продовольственной безопасности страны в целом.

Несмотря на высокий природный потенциал, черноземы Воронежской области в современных условиях подвержены различным формам деградации, включая дегумификацию, водную эрозию и подкисление [3, 10, 19]. С целью своевременного выявления негативных изменений и разработки корректирующих мероприятий в регионе осуществляется систематический мониторинг состояния почв.

Важным инструментом контроля выступает государственное агрохимическое обследование, проводимое с периодичностью один раз в пять лет, что позволяет оперативно обновлять данные о содержании питательных веществ и динамике плодородия пашни. К числу основных исследуемых параметров плодородия относятся: содержание в пахотном слое почв органического вещества, подвижных форм фосфора и калия, а также степень кислотности.

Исследование проводили с целью изучения и анализа динамики основных показателей плодородия пахотных почв Воронежской области по данным агрохимического мониторинга за 60-летний период.

Воронежская область расположена в центральной части Восточно-Европейской равнины. Рельеф территории характеризуется сочетанием сильно расчлененной Среднерусской возвышенности на западе, пологоволнистой Окско-Донской низменности на востоке и Калачской возвышенности на юго-востоке.

Регион находится в пределах двух природных зон – лесостепной и степной. Первая из них относится к Окско-Донской провинции, где почвенный покров представляют умеренно промерзающие оподзоленные, выщелоченные, типичные черноземы, а также серые лесостепные почвы [2, 5]; вторая – к Южнорусской провинции теплых промерзающих обыкновенных и южных черноземов. Границей между ними, по мнению Л.П. Паршутиной, можно считать условную линию: долина нижнего течения р. Оскол – нижнее течение рек Черная Калитва – Дон, от устья р. Черная Калитва до начала р. Криуша – долина р. Криуша – устье р. Бузулук [15].

Климат территории – умеренно-континентальный, с выраженным градиентом нарастания засушливости в юго-восточном направлении.

По данным государственного учета по состоянию на 01.01.2025 земельный фонд Воронежской области составлял 5221,6 тыс. га, из которых 4072,1 тыс. га приходилось на земли сельскохозяйственного назначения и 3043,8 тыс. га – на пашню [9].

В основу работы легли архивные материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв региона Воронежским филиалом ФГБУ «РосАгрохимслужба» за 11 туров агрохимического обследования, которые охватывают временной интервал с 1964 по 2025 г. [16].

Полевой этап агрохимического обследования пахотного слоя почвы (0–25 см) осуществлялся путем смешивания и объединения 20 почвенных проб с каждой 15 га площади пашни. Дальнейшие лабораторные исследования включали в себя определение органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-2021 [7]), подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91 [6]), pH солевой вытяжки методом ЦИНАО (ГОСТ 26483-85 [8]).

В условиях интенсивного земледелия Воронежской области роль ключевого регулятора почвенного плодородия выполняет гумус. Он не только выступает в качестве источника макро- и микроэлементов для питания растений, но и обеспечивает структурную устойчивость черноземов к физической деградации, а также высокую буферную способность ППК к антропогенному закислению [13]. Сохранение и воспроизводство гумусового фонда является обязательным условием поддержания продуктивного долголетия агроландшафтов региона.

Согласно данным агрохимического обследования средневзвешенное содержание гумуса в пашне региона долгое время находилось на одном уровне – с 1-го по 8-й тур оно составляло 5,61–5,67% (рис. 1).

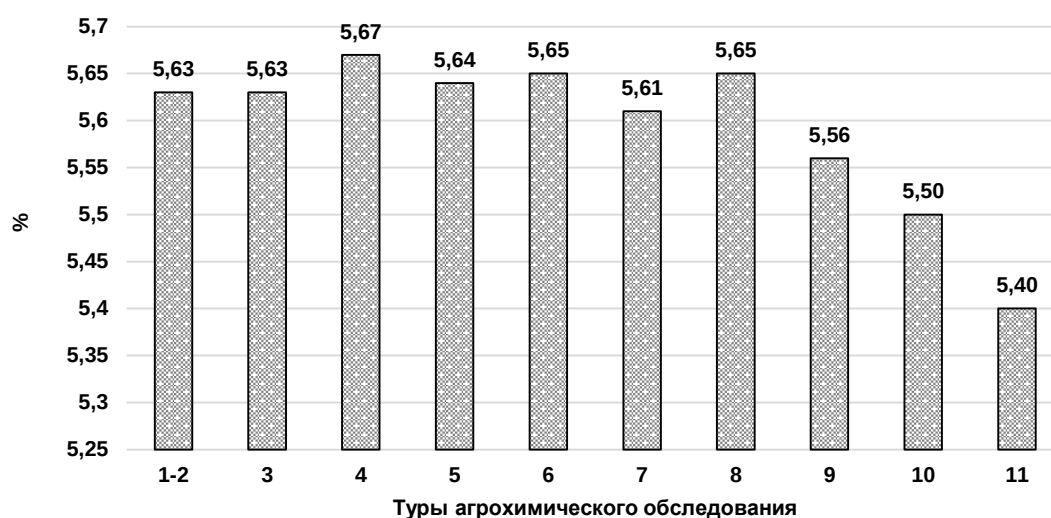


Рис. 1. Динамика изменения содержания органического вещества в пашне Воронежской области [16].
Здесь и далее: 1 – 1964–1970 гг.; 2 – 1971–1978 гг.; 3 – 1979–1985 гг.; 4 – 1986–1990 гг.; 5 – 1991–1995 гг.; 6 – 1996–2000 гг.; 7 – 2001–2005 гг.; 8 – 2006–2010 гг.; 9 – 2011–2015 гг.; 10 – 2016–2020 гг.; 11 – 2021–2025 гг.

Однако начиная с 9-го цикла наблюдается тенденция снижения содержания органического вещества в пашне региона. Так, в 11-м туре данный показатель стал составлять 5,40%, что на 0,10 и 0,16% меньше, чем в 10-м и 9-м циклах соответственно. Вероятно, это связано со снизившимися объемами внесения органических удобрений (рис. 2).

В разрезе муниципальных районов за 60-летний период произошли следующие изменения: наиболее существенное снижение органического вещества характерно для пашни Воробьевского (с 6,32 до 5,40%), Таловского (с 6,37 до 5,60%) и Семилукского (с 6,10 до 5,50%) районов. Указанные районы исторически являются зонами интенсивного выращивания пропашных культур, которые требуют многократных междурядных обработок. Это усиливает доступ кислорода в почву, что приводит к ускоренной минерализации гумуса. Кроме того, дегумификации могло способствовать развитие эрозийных процессов [4, 11, 18].

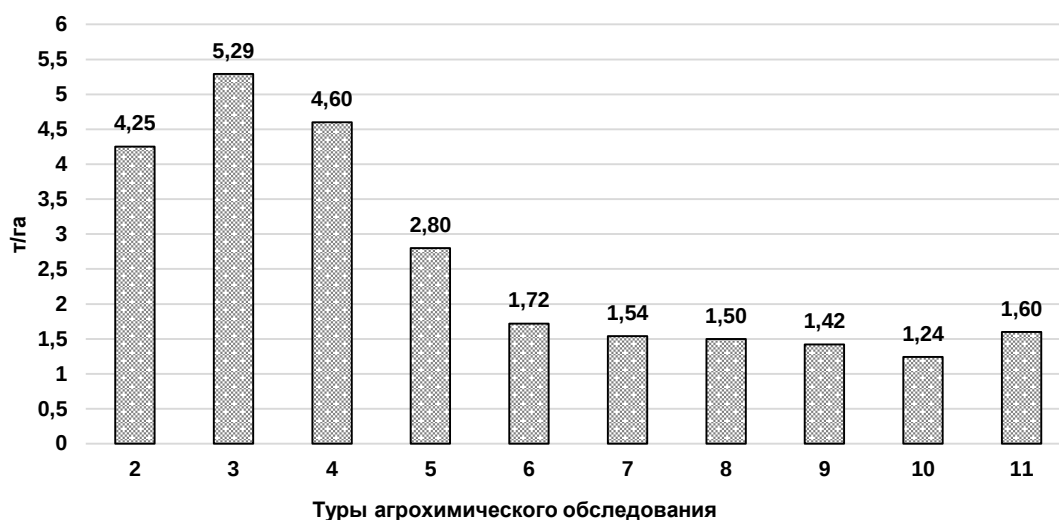


Рис. 2. Динамика внесения органических удобрений в пашню Воронежской области [16]

Для 3 из 32 районов области характерно увеличение содержания гумуса, которое составило в Верхнемамонском районе 0,30%, Острогожском – 0,15 и Бобровском – 0,14%. Положительная динамика, по нашему мнению, обусловлена присутствием в указанных районах крупных агропромышленных холдингов, занимающихся животноводством, вследствие чего пашня характеризуется большей обеспеченностью органическими удобрениями.

Фосфор выступает основным регулятором энергетического обмена и репродуктивного развития сельскохозяйственных культур, оказывает прямое влияние на формирование корневой системы и качество урожая, повышая зимостойкость пшеницы, сахаристость сахарной свеклы, масличность семян подсолнечника [1]. С 1-го по 3-й циклы агрохимического обследования содержание подвижного фосфора в пашне Воронежской области составляло 74–78 мг/кг почвы (рис. 3).

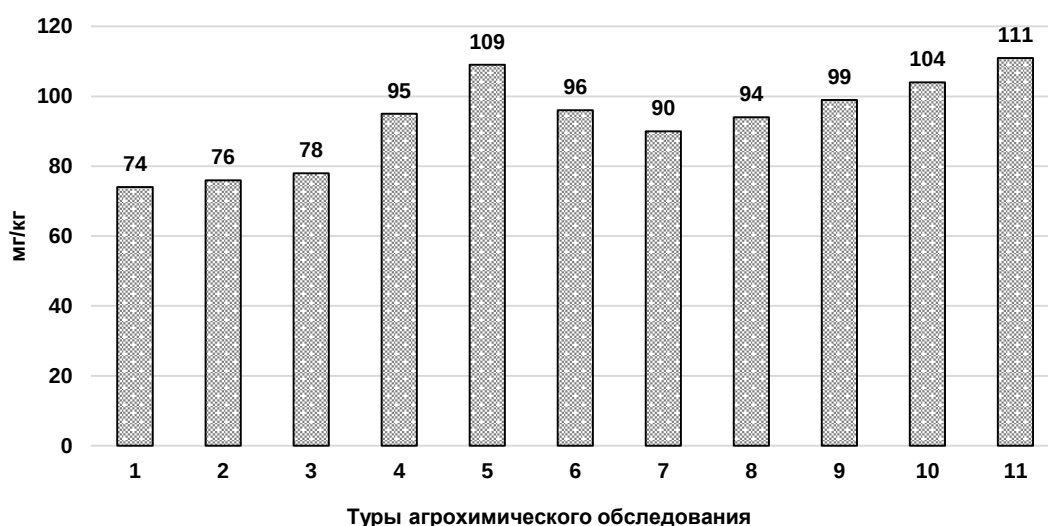


Рис. 3. Динамика изменения содержания подвижного фосфора в пашне Воронежской области [16]

Данные 4-го и 5-го туров свидетельствуют об увеличении содержания подвижного фосфора, которое к 5-му циклу достигло 109 мг/кг, что на 14 и 31 мг/кг больше, чем в 4-м и 3-м. Далее содержание подвижных фосфатов снижалось, и к 7-му циклу обследования обеспеченность ими пашни Воронежской области составляла 90 мг/кг, что

на 6 и 19 мг/кг почвы меньше, чем в 5-м и 4-м турах. Начиная с 8-го тура средневзвешенное содержание P_2O_5 постепенно увеличивалось и по результатам 11-го цикла достигло 111 мг/кг почвы, что является наибольшим значением за весь период мониторинга. Это произошло благодаря увеличению объемов применения фосфорных удобрений (рис. 4).

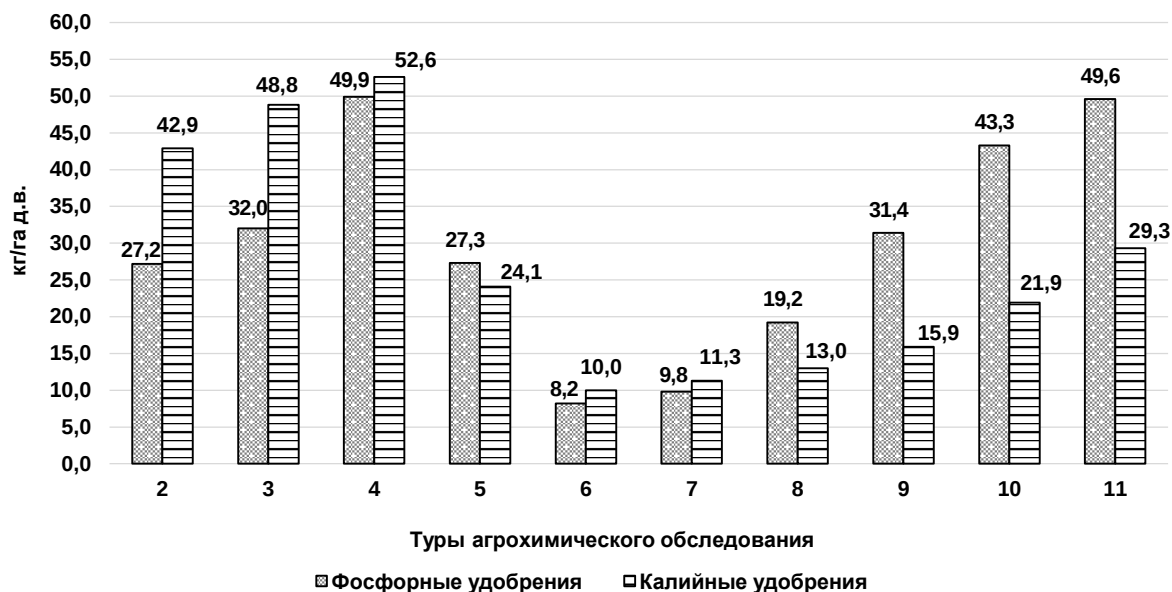


Рис. 4. Динамика поступления фосфорных и калийных удобрений в пашню Воронежской области [16]

Изменение содержания подвижных фосфатов подчиняется зональности: с юго-востока на северо-запад Воронежской области обеспеченность пашни этим элементом возрастает наибольшими темпами. Так, если в Петропавловском, Калачеевском и Верхнеаманском районах средневзвешенное содержание P_2O_5 увеличилось на 23, 28 и 28 мг/кг, то в Острогожском, Хохольском и Нижнедевицком районах – соответственно на 53, 53 и 62 мг/кг. В этом же направлении увеличивается влагообеспеченность территории. Лучшие условия увлажнения способствуют более быстрому растворению удобрений и переходу в почвенный раствор, а затем в почвенный поглощающий комплекс (ППК). На засушливом юго-востоке эффективность удобрений ниже, и их переход в подвижное состояние затруднен из-за недостатка влаги. Более того, почвы юго-восточных районов богаты свободными карбонатами ($CaCO_3$), которые характеризуются близким залеганием к поверхности. В щелочной среде внесенный фосфор мгновенно вступает в реакцию с кальцием, образуя труднорастворимые двух- и трехзамещенные фосфаты кальция, которые не определяются методом Чирикова.

Важным показателем плодородия почв является калийный режим. Калий является ключевым фактором адаптивной устойчивости агроценозов к абиотическим стрессам – засухе и низким отрицательным температурам. Регулируя водный баланс и способствуя накоплению запасных веществ (сахаров в корнеплодах свеклы и узлах кущения пшеницы), калий напрямую определяет качественные показатели растениеводческой продукции [17].

Интенсивное накопление подвижного калия пашней Воронежской области происходило с 1-го по 5-й цикл агрохимического обследования, когда его средневзвешенное содержание увеличилось со 113 до 128 мг/кг почвы (рис. 5). Это произошло в результате активной химизации и увеличения объемов внесения калийных удобрений, что привело к постепенной аккумуляции калия в почвенно-поглощающем комплексе (рис. 4).

По итогу 6-го цикла обследования обеспеченность почв региона рассматриваемым элементом осталась на том же уровне. Однако на протяжении следующего десятилетнего периода содержание калия в почвах региона снижалось и по итогу 8-го тура составило 123 мг/кг, что на 4 мг/кг меньше, чем в 7-м. Но, начиная с 9-го цикла обследования, наблюдается положительная динамика обеспеченности почв этим элементом: его средневзвешенное содержание по данным 11-го тура составило 139 мг/кг почвы, что на 4 и 11 мг/кг больше, чем в 10-м и 9-м циклах.

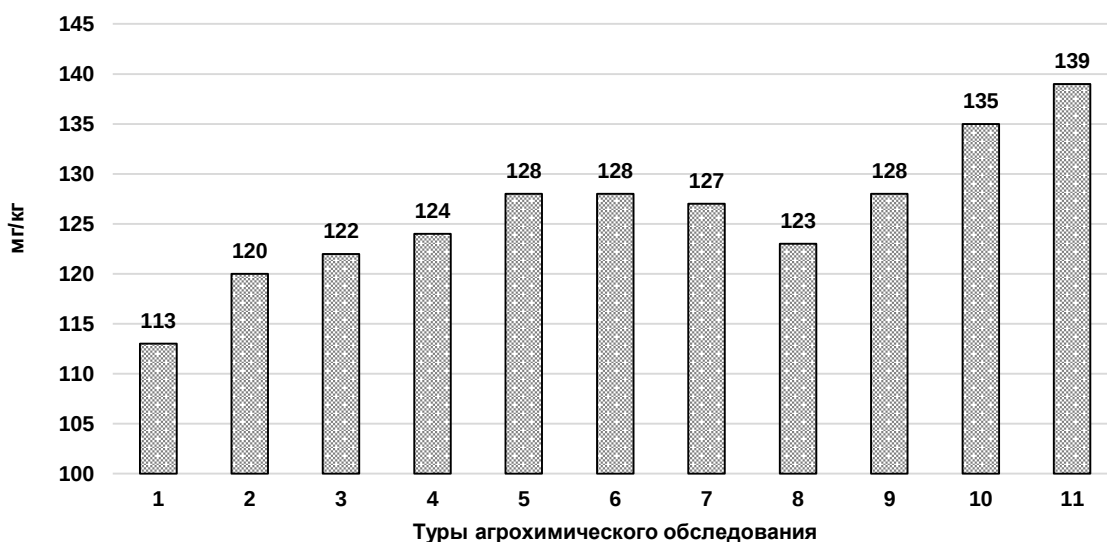


Рис. 5. Динамика изменения содержания калия в пашне Воронежской области [16]

В целом для 31 из 32 районов характерна положительная динамика содержания в почве калия, за исключением Репьевского района, где произошло снижение этого показателя плодородия на 23 мг/кг почвы. К числу районов, где за 60-летний период средневзвешенное содержание калия увеличилось наиболее существенно, относятся: Нижнедевицкий (+74 мг/кг), Острогожский (+52 мг/кг), Каменский (+52 мг/кг), Кантемировский (+52 мг/кг), Поворинский (+45 мг/кг), Подгоренский (+43 мг/кг), Новоусманский (+43 мг/кг), Ольховатский (+41 мг/кг). С одной стороны, это связано с увеличением поступления обменного калия в пашню области с минеральными удобрениями (рис. 5), с другой – вследствие его накопления в побочной продукции. Если раньше богатую калием солому зерновых и побочную продукцию других культур вывозили с полей для использования на корм и подстилку животным, то в последние годы она измельчается и остается в поле, тем самым обогащая ее калием.

Кислотность почв выступает лимитирующим фактором реализации потенциального плодородия черноземов. Нарастающие процессы антропогенного подкисления могут приводить к блокировке подвижных фосфатов, подавлению микробиологической активности и токсическому угнетению корневых систем сельскохозяйственных культур [12]. В условиях региона, где доминируют черноземные почвы, контроль pH и своевременная химическая мелиорация являются необходимыми условиями предотвращения физико-химической деградации почвенного покрова.

Учет кислых почв в регионе стал проводиться агрохимической службой с начала 3-го цикла крупномасштабных почвенных и агрохимических изысканий. За указанный промежуток времени 0,1% площади пашни области характеризовалось очень сильно-кислой, 0,2 – сильнокислой, 3,5 – среднекислой, 19,6 – слабокислой, 25,8 – близкой к нейтральной и 50,8% – нейтральной реакцией среды pH_{KCl} (рис. 6).

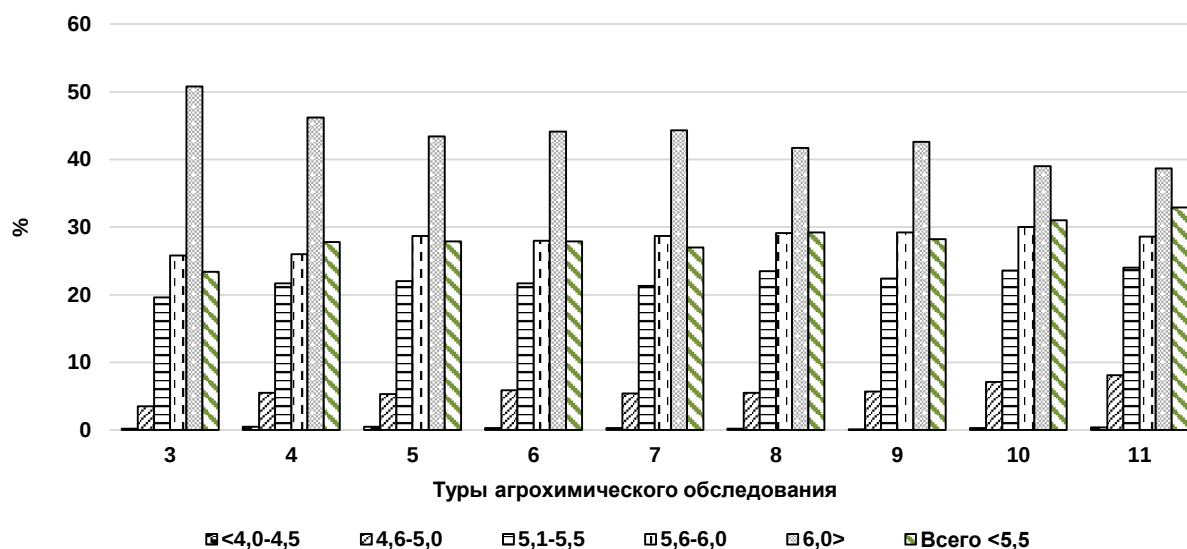


Рис. 6. Динамика распределения почв Воронежской области по группировкам степени кислотности pH_{KCl} [16]

Данные 4-го тура обследования свидетельствуют о перераспределении площадей почв из нейтральных, доля которых составляла 46,2%, в группировки с более кислой реакцией среды, которые стали занимать 27,8% площади пашни. Далее, вплоть до 7-го цикла, реакция среды существенным образом не изменялась. Однако, начиная с 8-го тура обследования, происходит постепенное подкисление почв Воронежской области. Так, в 11-м цикле кислые почвы стали занимать 32,9% площади пашни, что на 1,9, 4,7 и 3,7% больше, чем в 10-м, 9-м и 8-м соответственно.

Особенно остро стоит вопрос увеличения доли кислых почв в отдельных муниципальных районах Воронежской области. Так, в ходе анализа динамики изменения реакции среды было установлено, что наибольший прирост площадей кислых почв за период с 1979 по 2025 г. произошел в Петропавловском (с 13,8 до 65,6%), Павловском (с 23,6 до 50,7%), Верхнемамонском (с 7,7 до 31,0%), Хохольском (с 15,4 до 38,3%) и Бобровском (с 40,4 до 62,5%) районах. Следует уделить особое внимание изменению реакции среды в Ольховатском, Россошанском и Подгоренском районах, где исторически доля кислых почв не превышала 2%. Актуальные данные агрохимического обследования свидетельствуют об ее увеличении соответственно до 15,8, 11,9 и 9,0%. Это может быть связано с тем, что указанные районы характеризуются наличием значительных площадей легкосуглинистых и супесчаных почв, буферная способность которых существенно ниже, чем у глинистых.

Отмеченный с 8-го тура рост доли кислых почв в Воронежской области обусловлен переходом аграрного сектора к интенсивным технологиям при недостаточной химической мелиорации [14]. Антропогенная нагрузка (высокие дозы азотных удобрений и вынос кальция урожаями) превысила природную буферную способность черноземов, истощенную в результате дефицита известкования и снижения содержания гумуса, что привело к деградации почвенного поглощающего комплекса и росту обменной кислотности даже в тех районах, которые исторически считались устойчивыми.

Таким образом, содержание органического вещества в пахотных почвах Воронежской области долгое время было стабильным и находилось на уровне 5,61–5,67%. Однако данные 11-го цикла агрохимического обследования свидетельствуют о снижении этого показателя плодородия до 5,40%, что связано с нарушением баланса между минерализацией и гумификацией при достаточно низких объемах внесения органических удобрений.

Обеспеченность почв региона подвижным фосфором в настоящее время выше, чем в советский пик химизации сельского хозяйства, а именно – 111 мг/кг почвы, что соответствует повышенному его содержанию. В ходе анализа данных было выявлено, что увеличение содержания фосфора происходит в направлении с юго-востока на северо-запад.

За последние 60 лет средневзвешенное содержание подвижного калия в регионе увеличилось на 23% (с 113 до 139 мг/кг) и характеризуется как высокое. Несмотря на временный спад в конце 90-х, общая динамика – положительная. Столь высокие показатели, наряду с природными свойствами воронежских черноземов (тяжелый гранулометрический состав, богатство гидрослюдами), благодаря которым они накапливали калий, активно вносимый в 80-е годы, обусловлены уменьшением отчуждения с полей побочной продукцией культур, в составе которой, как правило, более высокое содержание калия, чем в основной продукции. Это позволило избежать резкого снижения содержания при рухнувших объемах внесения минеральных удобрений в последующие годы.

Процесс подкисления пахотных почв в Воронежской области приобрел массовый характер. Доля кислых почв в структуре пашни увеличилась с 23,4 до 32,9%. Подавляющее большинство районов демонстрирует устойчивый и часто очень значительный рост доли кислых почв. В районах, которые изначально имели очень низкую долю кислых почв (Ольховатский, Россошанский, Подгоренский), наблюдается резкий рост этого показателя, что свидетельствует об истощении их естественной буферной способности. Нарастающая кислотность является прямым следствием интенсивного земледелия (высокие дозы азотных удобрений, вынос кальция высокоурожайными культурами) и недостаточного внимания к известкованию в постсоветский период.

Список источников

1. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и удобрениях Центрально-Черноземной полосы: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1970. 248 с.
2. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Почвенный покров Среднерусского Черноземья: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1993. 216 с.
3. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б., Яблонских Л.А. Почвы Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2006. № 1. С. 85–95.
4. Ахтырцев Б.П., Бугаев В.А., Хмелев К.Ф. Природные ресурсы ЦЧЭР, перспективы их использования и охрана: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1985. 200 с.
5. Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.А. Пойменные почвы Окско-Донской равнины и их изменение при сельскохозяйственном использовании: монография. Воронеж: Воронежский государственный университет, 1993, 231 с.
6. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Москва: Комитет стандартизации и метрологии, 1991. 9 с.
7. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.
8. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. Москва: Государственный комитет по стандартам, 1985. 5 с.
9. Государственный доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2025 году. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. 2025. 112 с.
10. Жидкин А.П., Комиссаров М.А., Шамшурина Е.Н. и др. Эрозия почв на Среднерусской возвышенности // Почвоведение. 2023. № 2. С. 259–272. DOI: 10.31857/S0032180X22600901.
11. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: учебное пособие. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2003. 250 с.
12. Кидин В.В., Трошин С.П. Агрохимия: учебник. Москва: Проспект, 2016. 608 с.
13. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия: учебник. Москва: ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
14. Некрасов Р.В., Лукин С.В., Куницын Д.А. и др. Мониторинг основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв в Центрально-Черноземном районе России // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 9. С. 4–10. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_4.
15. Паршутин Л.П. О южной границе лесостепи в пределах Воронежской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1-6. С. 1634–1637.
16. Сводные данные туров агрохимического обследования почв Воронежской области за 1964–2025 гг.: архивные материалы. Воронеж: ФГБУ «Агрохимическая служба России», филиал Воронежский, 2026.
17. Середина В.П. Калий и почвообразование: учебное пособие. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2012. 354 с.

18. Спесивый О.В. Геоинформационный менеджмент земельных ресурсов Воронежской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.26. Воронеж, 2009. 24 с.
19. Чеботарев П.М., Спесивый О.В., Ахтыртцев А.Б. Трансформация деградационных процессов на землях Воронежской области в последние десятилетия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2011. № 1(28). С. 173–178.

References

1. Aderikhin P.G. Phosphorus in soils and fertilizers of the Central Chernozem Region: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1970. 248 p. (In Russ.).
2. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B. Soil cover of the Central Russian Chernozemie: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1993. 216 p. (In Russ.).
3. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B., Yablonskikh L.A. Voronezh region soils. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2006;1:85-95. (In Russ.).
4. Akhtyrtsev B.P., Bugaev V.A., Khmelev K.F. Natural resources of the Central Chernozem Region: prospects for their use and protection: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1985. 200 p. (In Russ.).
5. Akhtyrtsev B.P., Yablonskikh L.A. Floodplain soils of the Oka-Don Plain and their changes on account of agricultural use: monograph. Voronezh: Voronezh State University Publishers; 1993. 231 p. (In Russ.).
6. GOST 26204-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov method modified by CINAО. Moscow: Committee for Standardization and Metrology Publishers; 1991. 9 p. (In Russ.).
7. GOST 26213-2021. Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: Russian Institute for Standardization Publishers; 2021. 8 p. (In Russ.).
8. GOST 26483-85. Soils. Preparations of salt extract and determination of its pH by CINAО method. Moscow: State Committee for Standards Publishers; 1985. 5 p. (In Russ.).
9. State report on the condition and use of lands in the Russian Federation in 2025. Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography Publishers; 2025. 112 p. (In Russ.).
10. Zhidkin A.P., Komissarov M.A., Shamshurina E.N. et al. Soil erosion in the Central Russian Upland: a review. *Eurasian Soil Science*. 2023;56(2):226-237. DOI: 10.31857/S0032180X22600901. (In Russ.).
11. Ivanov V.D., Kuznetsova E.V. Erosion and protection of soils in the Central Chernozem Region of Russia: textbook. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Publishers; 2003. 250 p. (In Russ.).
12. Kidin V.V., Troshin S.P. Agricultural Chemistry: textbook. Moscow: Prospekt Publishers; 2016. 608 p. (In Russ.).
13. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G.P. et al. Agricultural Chemistry: textbook. Moscow: All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov Publishers; 2017. 854 p. (In Russ.).
14. Nekrasov R.V., Lukin S.V., Kunitsyn D.A. et al. Monitoring of the main agrochemical indicators of arable soil fertility in the Central Chernozem Region of Russia. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2021;9:4-10. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_4. (In Russ.).
15. Parshutina L.P. On the southern boundary of forest-steppe in Voronezh Region. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2012;1:1634-1637. (In Russ.).
16. Summarized data of soil agrochemical surveys in Voronezh Oblast for the period of 1964-2025: archival records. Voronezh: Voronezh Branch of the Agrochemical Service of Russia; 2026.
17. Seredina V.P. Potassium and soil formation: textbook. Tomsk: National Research Tomsk State University Publishers; 2012. 354 p. (In Russ.).
18. Spesivy O.V. Geoinformation management of land resources of Voronezh Oblast: Author's Abstract of Candidate Dissertation in Geographical Sciences: 25.00.26. Voronezh; 2009. 24 p. (In Russ.).
19. Chebotarev P.M., Spesivy O.V., Akhtyrtsev A.B. Land degradation on the territory of Voronezh Oblast and the main trends in the process of its transformation in recent decades. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2011;1(28):173-178. (In Russ.).

Информация об авторах

Д.А. Медведев – аспирант по направлению «Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений» ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»; medweddimas@yandex.ru.

А.М. Новичихин – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», nam45539@yandex.ru.

Information about the authors

D.A. Medvedev, Postgraduate Student majoring in Agrochemistry, Agronomic Soil Science, Plant Protection and Quarantine, Voronezh Federal Agricultural Scientific Center named after V.V. Dokuchaev, medweddimas@yandex.ru.

A.M. Novichikhin, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Scientist, Voronezh Federal Agricultural Scientific Center named after V.V. Dokuchaev, nam45539@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 20.03.2026; одобрена после рецензирования 10.04.2026; принята к публикации 20.04.2026.

The article was submitted 20.03.2026; approved after reviewing 10.04.2026; accepted for publication 20.04.2026.

© Медведев Д.А., Новичихин А.М., 2026