

УДК 631.41:631.452(470.32)

## МОНИТОРИНГ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РАЙОНА РОССИИ

© 2023 г. С. В. Лукин<sup>1,2,\*</sup><sup>1</sup>Центр агрохимической службы “Белгородский”  
308027 Белгород, ул. Щорса, 8, Россия<sup>2</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
308015 Белгород, ул. Победы, 85, Россия

\*E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.12.2022 г.

После доработки 20.01.2023 г.

Принята к публикации 25.01.2023 г.

На основе анализа результатов агроэкологического мониторинга установлено, что в ЦЧР за 2016–2020 гг. по сравнению с 2001–2005 гг. отмечен значительный рост использования минеральных удобрений (1.8–7.8 раза) и объемов химической мелиорации почв (2.3–43.9 раза). Наиболее высокий уровень внесения минеральных удобрений (156 кг/га) был достигнут в Курской обл., органических удобрений (8.83 т/га) и известкования кислых почв (65.9 тыс. га в год) – в Белгородской. Минимальный уровень внесения минеральных удобрений (88.1 кг/га) и известкования (13.0 тыс. га) отмечен в Воронежской, а использования органических удобрений (0.24 т/га) – в Тамбовской обл. За эти же годы урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличилась в 1.51–2.19 раза. Максимальная урожайность была достигнута в Курской (4.95 т/га) и Белгородской (4.87 т/га) областях, минимальная – в Тамбовской (3.67 т/га) и Воронежской (3.62 т/га). По состоянию на 01.01.2021 г. наиболее существенное увеличение обеспеченности почв органическим веществом, подвижными формами  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , снижение доли кислых почв отмечено в Белгородской обл. В пахотных почвах Тамбовской обл. зафиксировано максимальное средневзвешенное содержание органического вещества (6.5%), минимальное (4.7%) отмечалось в Курской обл. Самое высокое содержание подвижных форм  $P_2O_5$  (143 мг/кг) и  $K_2O$  (169 мг/кг) наблюдали в почвах Белгородской, самое низкое (соответственно 88 и 106 мг/кг) – в Тамбовской обл. В почвах пашни Липецкой обл. зафиксирована самая высокая доля кислых почв (77.9%), тогда как в Белгородской и Воронежской обл. она составила 31.0%. Пахотные почвы региона в основном характеризуются низкой обеспеченностью подвижными формами цинка, меди и кобальта. Наиболее высокая доля почв, низко обеспеченных подвижными формами серы (95.1%) и марганца (88.3%), отмечена в Тамбовской, наиболее низкая – соответственно в Воронежской (74.7%) и Липецкой (3.1%) обл.

**Ключевые слова:** агрохимическое обследование, известкование, калий, кислотность почв, микроэлементы, органическое вещество почвы, сера, фосфор, удобрения, урожайность

**DOI:** 10.31857/S0002188123040075, **EDN:** DIMNZW

### ВВЕДЕНИЕ

Основное количество продуктов питания человечество получает за счет использования почвенно-плодородия. Поэтому охрана и рациональное использование почв является важнейшей государственной задачей, от решения которой напрямую зависит обеспечение продовольственной безопасности страны.

Центрально-Черноземный район (ЦЧР) является одним из самых развитых аграрных регионов Российской Федерации. Главный ресурс региона – черноземные почвы. По образному выражению В.В. Докучаева, “... чернозем был, есть и будет

кормильцем России” [1]. В 2020 г. доля хозяйств ЦЧР в производстве зерновых и зернобобовых культур составила 18.8% от российского уровня, сахарной свеклы – 47.2, подсолнечника – 24.7% [2].

Однако в процессе длительного и не всегда бережного сельскохозяйственного использования черноземы были подвержены различным видам деградации: водной эрозии, дегумификации, подкислению и др. [3–6]. Сохранение и повышение плодородия черноземов – это задача, требующая комплексного решения в рамках освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия, где с учетом свойств почв и требований растений оптимизированы структура севооборотов, агротех-

ника возделывания культур, комплекс противоэрозионных мероприятий и система применения удобрений и химической мелиорации. Для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия необходимы актуальные данные агроэкологического мониторинга, основу которого составляет периодически повторяемое сплошное обследование пахотных почв, проводимое агрохимической службой России [7].

Цель работы – изучение влияния уровня применения удобрений и известкования на урожайность зерновых и зернобобовых культур, агроэкологические параметры плодородия пахотных почв в ЦЧР.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2020 г. общая посевная площадь в ЦЧР составила 8.981 млн га (11.3% от российского уровня), в том числе в Воронежской обл. – 2.686, в Тамбовской – 1.831, в Курской – 1.666, в Белгородской – 1.425, в Липецкой – 1.373 млн га [2].

Пахотные почвы региона расположены преимущественно в лесостепной природной зоне, в степную зону попадают только южные и юго-восточные районы Воронежской и Белгородской обл. В структуре пашни на долю серых и темно-серых лесных почв приходится 6.8%, черноземов оподзоленных – 4.4%, выщелоченных – 37.2%, типичных – 32.9%, обыкновенных – 11.7%. Доля фактически эродированной пашни в ЦЧР в среднем составляет 20.1%, в Белгородской обл. – 48%. В лесостепной зоне на северо-западе Курской обл. среднеголетняя величина гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянину составляет 1.3, в степной зоне Белгородской и Воронежской обл. – 0.9 [8].

В работе использованы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв. В пробах почв, взятых из пахотного слоя (0–25 см), определяли содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-93), подвижных форм фосфора и калия – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91),  $pH_{KCl}$  – по ГОСТ 26483-85. Определение подвижной серы в почвах проводили турбидиметрическим методом после извлечения раствором хлористого калия в соответствии с ГОСТ 26490-85. Содержание в почве подвижных форм марганца определяли согласно ГОСТ Р 50685-94, цинка – ГОСТ Р 50686-94, меди и кобальта – ГОСТ Р 50683-94. Для извлечения этих микроэлементов из почвы использовали ацетатно-аммонийный буферный раствор (ААБ)  $pH$  4.8. Содержание по-

движных форм бора определяли по методу Бергера и Трота (ГОСТ Р 50688-94) [7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Кислотность почв является важнейшим параметром их агроэкологического состояния, существенно влияющим на урожайность сельскохозяйственных культур и санитарно-гигиенические показатели качества растениеводческой продукции. Внесение удобрений на кислых почвах приводит к снижению их окупаемости прибавкой урожая. Подкисление почвенного раствора является причиной повышения подвижности и размеров транслокации тяжелых металлов (ТМ) в системе почва–растение. Для большинства бобовых культур (люцерны, клевера, эспарцета), возделываемых на почвах с  $pH_{KCl} < 5.5$ , характерно значительное сокращение симбиотической фиксации атмосферного азота. Наиболее чувствительной к повышенной кислотности почв сельскохозяйственной культурой является сахарная свекла [9–11]. Поскольку ЦЧР является основной зоной свеклосеяния в России, то вопрос известкования кислых почв является очень актуальным.

В ЦЧР тренд к подкислению характерен для пахотных почв лесостепной зоны, в черноземах обыкновенных степной зоны отмечено даже подщелачивание [3]. Поэтому наиболее высокую долю кислых почв всегда выявляли в областях ЦЧР, полностью расположенных в лесостепной зоне. Например, в Курской обл. (по данным агрохимического обследования за 1999–2003 гг.) доля кислых почв составляла 56.4%, в Липецкой (1998–2002 гг.) – 65.0%, в Тамбовской (1995–2002 гг.) – 70.1%. В Воронежской обл., частично расположенной в степной зоне, в 1995–2000 гг. доля кислых почв составляла 27.9%. В Белгородской обл., также частично расположенной в степной зоне, по данным обследования 1995–1999 гг., доля кислых почв составляла 33.5%, к 2010–2014 гг. она увеличилась до 45.8%.

По состоянию на 01.01.2021 г. доля кислых почв в Липецкой, Тамбовской, Курской и Воронежской обл. увеличилась соответственно до 77.9, 77.3, 71.0 и 31.0%, а в Белгородской – снизилась до 31.0%. В Курской, Липецкой и Тамбовской обл. отмечали самую высокую долю среднекислых почв, соответственно 31.0, 29.2 и 23.9% (рис. 1). Среднекислые почвы преобладают на севере Тамбовской и Курской обл., в районах, где почвенный покров в основном представлен темно-серыми и серыми лесными почвами [3].

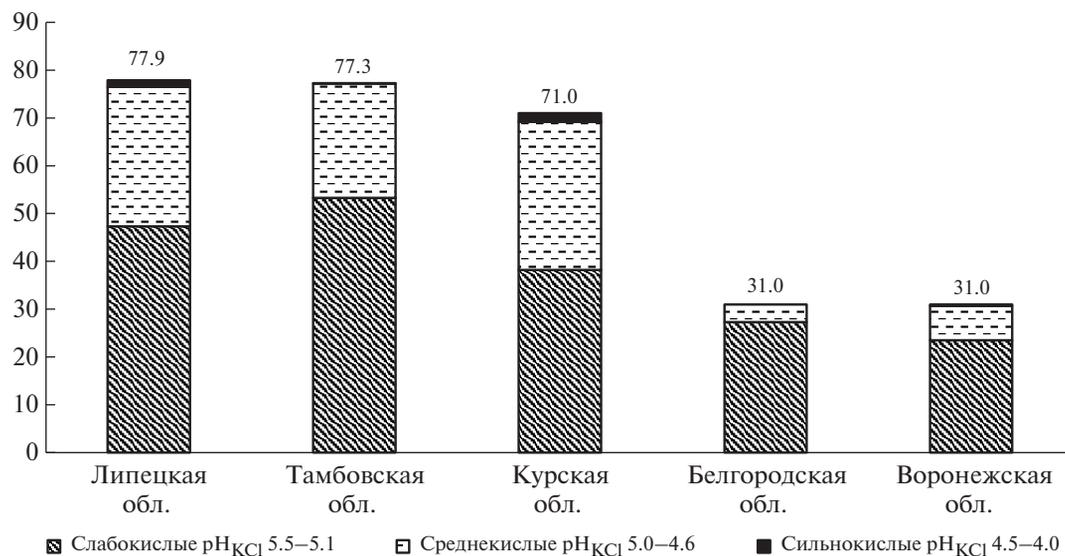


Рис. 1. Доля кислых почв в ЦЧР, % от площади обследованной пашни (по данным мониторинга на 01.01.2021 г.).

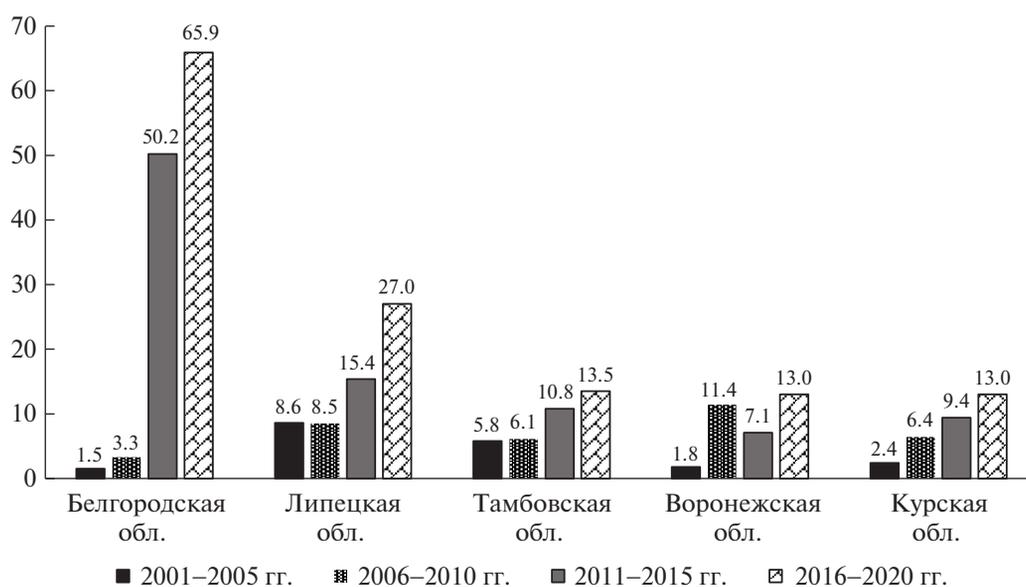
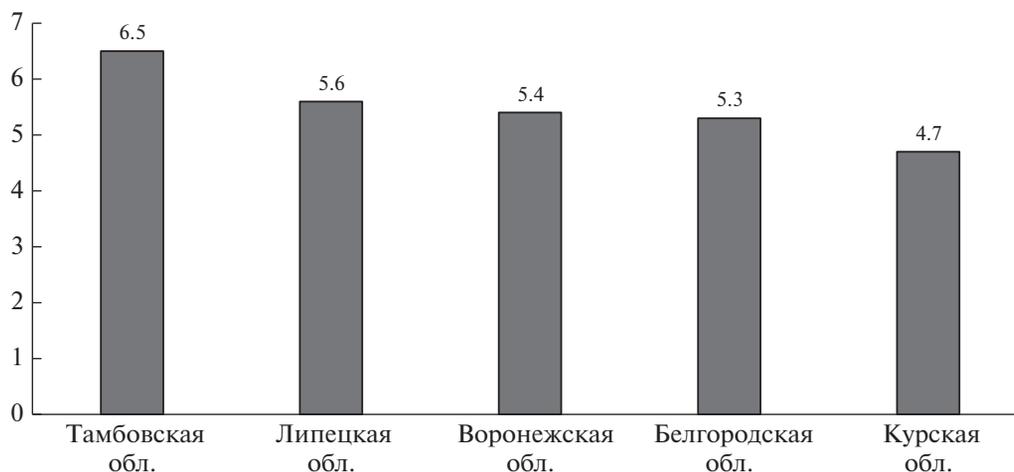


Рис. 2. Динамика площади произведенных почв в ЦЧР, тыс. га/год.

Для предотвращения избыточного подкисления пахотных почв в лесостепной зоне ЦЧР рекомендуется периодически проводить химическую мелиорацию [9–11]. В 2001–2005 гг. в ЦЧР ежегодно известковали всего 20.1 тыс. га кислых почв, в 2016–2020 гг. — уже 132.4 тыс. га. В течение 2016–2020 гг. средний ежегодный уровень известкования в Белгородской обл. составлял 65.9 тыс. га, что сопоставимо с площадью известкования в Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской обл. вместе взятых (66.5 тыс. га) (рис. 2). Поэтому, несмотря на возросшие объемы химической ме-

лиорации, уменьшение площади кислых почв наблюдается только в Белгородской обл.

Содержание органического вещества в почвах является энергетической основой функционирования экосистем всех рангов, в котором депонировано огромное количество углерода и важнейших элементов питания растений. Кроме этого, уровень содержания органического вещества во многом определяет водно-физические свойства и имеет важное значение для образования агрономически ценной структуры почв [12].



**Рис. 3.** Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах пашни ЦЧР, % (по данным мониторинга на 01.01.2021 г.).

Содержание органического вещества в черноземе типичном, не затронутом сельскохозяйственной деятельностью, в верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта (10–20 см) составляет 10.1% (участок “Ямская степь” заповедника “Белогорье”). Средневзвешенная величина этого показателя в пахотных почвах Тамбовской обл., по данным обследования 1995–2002 гг., составляла 6.6, Воронежской (1995–2000 гг.) – 5.7, Липецкой (1998–2002 гг.) – 5.6, Белгородской (1995–2000 гг.) – 4.9, Курской (1999–2003 гг.) – 4.6%.

По состоянию на 01.01.2021 наиболее высокое средневзвешенное содержание органического вещества зафиксировано в пахотных почвах Тамбовской обл. – 6.5%. На ее юге, в Мордовском р-не средневзвешенное содержание органического вещества в почвах пашни достигает самого высокого для районов ЦЧР уровня – 7.3%. В почвах пашни Липецкой, Воронежской и Белгородской обл. величина параметра находится на уровне соответственно 5.6, 5.4 и 5.3% [3]. Наиболее низким средневзвешенным содержанием органического вещества (4.7%) характеризуются почвы Курской обл., а в Хомутовском р-не, расположенном на западе региона, величина этого показателя достигает минимума для ЦЧР – 3.3% (рис. 3).

Увеличение содержания органического вещества на 0.4% отмечено в почвах Белгородской обл. Для почв Курской обл. характерен незначительный тренд к увеличению (0.1%), а для почв Тамбовской обл. – к снижению (–0.1%) величины данного показателя. Почвы Липецкой обл. характеризуются стабильным содержанием органического вещества. В почвах пашни Воронежской

обл. зафиксировано снижение величины этого показателя на 0.3%.

Одним из главных антропогенных факторов регулирования баланса органического вещества в агроценозах является внесение органических удобрений. В многочисленных полевых опытах, проведенных в Центральном Черноземье, установлено, что в зернопропашных севооборотах для компенсации потерь гумуса в результате его минерализации необходимо вносить навоз КРС 6–8 т/га севооборотной площади [3]. В Белгородской обл. в 2016–2020 гг. внесение органических удобрений достигло уровня 8.83 т/га (рис. 4). Кроме того, в рамках реализации программы биологизации земледелия широко используют возделывание сидеральных культур и противоэрозионные мероприятия. Уменьшены размеры минерализации гумуса за счет сокращения площади чистых паров. Комплексная реализация этих мер обусловила положительную динамику содержания органического вещества в пахотных почвах Белгородской обл.

В 2016–2020 гг. в Воронежской обл. уровень внесения органических удобрений вырос и достиг 3.34 т/га, а в Липецкой – немного снизился до 2.26 т/га. Использование органических удобрений в Курской (0.54 т/га) и Тамбовской (0.24 т/га) обл. было меньше, чем в среднем по Российской Федерации (1.5 т/га). В Центральном Черноземье и особенно в регионах с низким уровнем внесения органических удобрений важнейшим источником стабилизации гумусного фонда почвы являются пожнивно-корневые остатки сельскохозяйственных культур, выход которых в

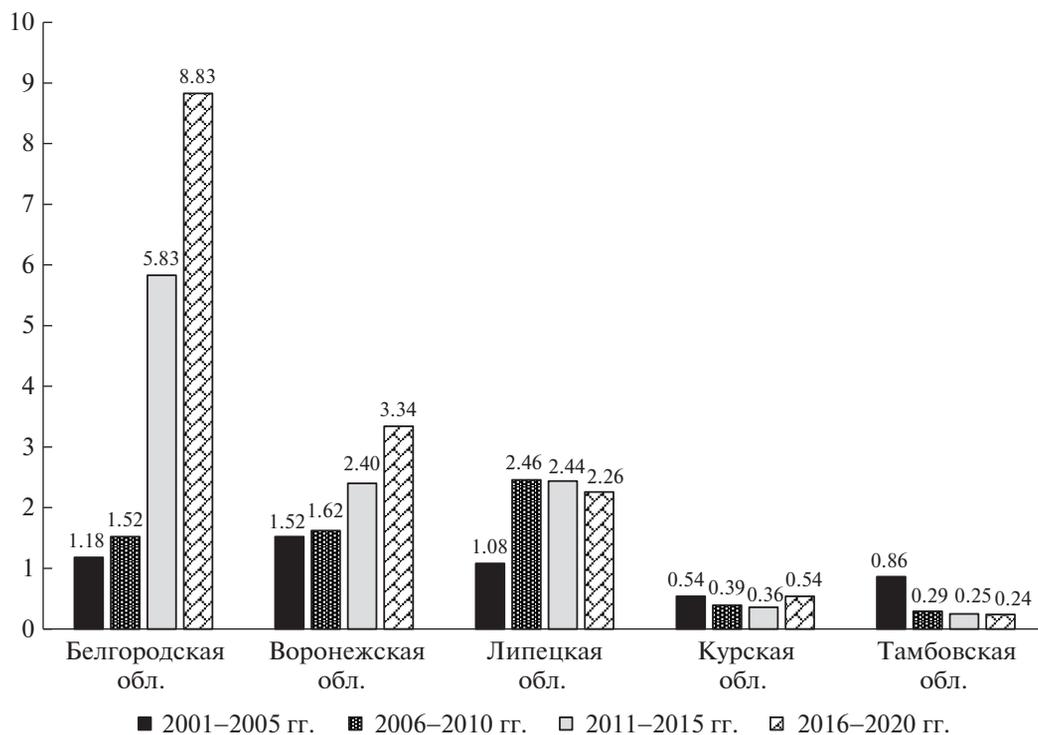


Рис. 4. Динамика внесения органических удобрений в ЦЧР, т/га посева.

последние годы увеличился в связи с ростом урожайности [13, 14].

Содержание подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в почвах характеризует обеспеченность сельскохозяйственных культур этими важнейшими биогенными макроэлементами. Фоновое содержание подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в целинном черноземе типичном заповедника “Белогорье” (участок “Ямская степь”) составляет соответственно 28 (низкий уровень) и 101 мг/кг (повышенный уровень).

Средневзвешенное содержание подвижных соединений  $P_2O_5$  в почвах пашни Белгородской обл. в 1995–1999 гг. составляло 131, Воронежской (1995–2000 гг.) – 96, Курской (1999–2003 гг.) – 139, Липецкой (1998–2002 гг.) – 99, Тамбовской (1995–2002 гг.) – 95 мг/кг. За эти же годы средневзвешенное содержание подвижных соединений  $K_2O$  в почвах Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской обл. составляло соответственно 128, 128, 103, 101 и 100 мг/кг [3].

По состоянию на 01.01.2021 г. средневзвешенное содержание подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в почвах пашни Белгородской обл. увеличилось соответственно на 12 и 41 мг/кг, достигнув максимальных для ЦЧР уровней 143 и 169 мг/кг (рис. 5). В почвах Воронежской обл. также отмечено уве-

личение средневзвешенного содержания подвижных форм  $P_2O_5$  на 8 мг/кг (до 104 мг/кг) и подвижных форм  $K_2O$  – на 7 мг/кг (до 135 мг/кг). В пахотных почвах Липецкой обл. содержание подвижного фосфора практически не изменилось (–1 мг/кг), составив 98 мг/кг, а подвижных форм калия увеличилось на 19 мг/кг, достигнув уровня 138 мг/кг. В Курской обл. установлено снижение средневзвешенной величины содержания подвижных форм  $P_2O_5$  в почвах на 10 мг/кг (до 129 мг/кг) и увеличение содержания подвижных форм  $K_2O$  на 9 мг/кг (до 112 мг/кг). Наиболее низкие средневзвешенные величины содержания подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  были зафиксированы в пахотных почвах Тамбовской обл. – 88 и 106 мг/кг соответственно, причем для первого параметра была характерна отрицательная динамика (–7 мг/кг), а для второго – положительная (+6 мг/кг).

Важнейшим фактором регулирования фосфатного и калийного режимов почв является внесение удобрений. Содержание подвижных фосфатов очень сильно зависит от уровня кислотности, обычно на произвесткованных почвах отмечается снижение данного показателя.

Как правило, основное количество фосфора и калия поступает в агроценозы с минеральными удобрениями [15]. В 2016–2020 гг. по сравнению с 2001–2005 гг. использование минеральных удоб-

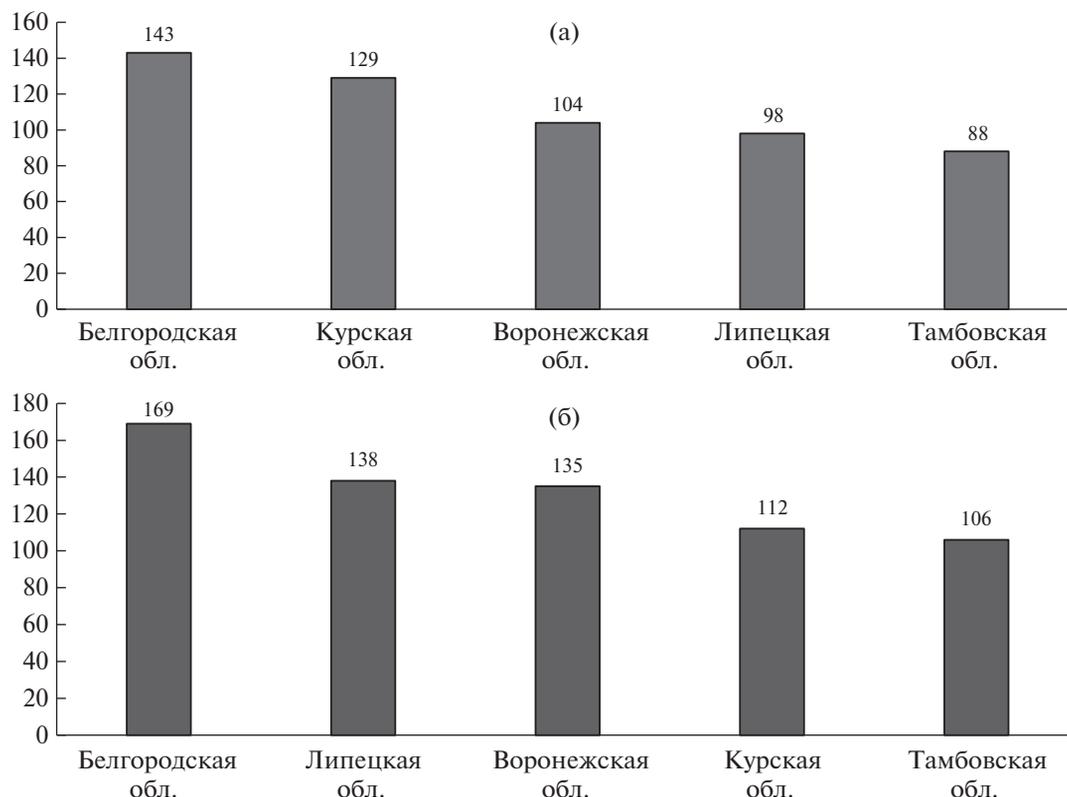


Рис. 5. Средневзвешенное содержание подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (а) и K<sub>2</sub>O (б) в почвах пашни ЦЧР, мг/кг (по данным мониторинга на 01.01.2021 г.).

рений увеличилось в Тамбовской обл. в 7,8, в Курской – в 4,2, в Липецкой – в 2,3, в Воронежской – в 2,8, в Белгородской – в 1,8, в целом по РФ – в 2,5 раза [3]. В 2016–2020 гг. максимальный для ЦЧР уровень использования минеральных удобрений (156 кг/га) был зафиксирован в Курской, а самый низкий (88,1 кг/га) – в Воронежской обл. (рис. 6). Однако даже в Воронежской обл. минеральных удобрений вносили в 1,6 раза больше, чем в среднем в РФ. В использованных минеральных удобрениях доля азота была существенно больше, чем фосфора и калия, и в последние годы этот тренд усиливается. Например, в Белгородской обл. в 2016–2020 гг. по сравнению с 2001–2005 гг. доли P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O во внесенных минеральных удобрениях снизились соответственно с 24,0 до 17,4 и с 23,4 до 16,2%.

Органические удобрения с учетом доз их внесения можно рассматривать как важный источник поступления фосфора и калия в Белгородской и в значительно меньшей степени – в Воронежской обл.

Содержание подвижных форм серы и микроэлементов в почвах – важные показатели, которые включены в программу государственного агроэко-

логического мониторинга. Причем фактором, лимитирующим продуктивность агроценозов и ухудшающим качество растениеводческой продукции, является как их низкое содержание в почве, так и превышающее предельно-допустимую концентрацию (ПДК). Для подвижных форм Mn, Zn, Cu и Co ПДК в почве ПДК установлены на уровне соответственно 140, 23, 5 и 3 мг/кг [16, 17]. Пахотные почвы, в том числе и черноземные, многих регионов России характеризуются низкой обеспеченностью подвижными соединениями S и таких важных микроэлементов, как Zn и Cu [18–21].

Фоновое содержание подвижных форм S, Zn, Mn, Cu и Co в целинных почвах особо охраняемых природных территорий (ООПТ) характеризуется как низкое, за исключением содержания Mn, Cu и Co в черноземе типичном заповедника “Белогорье”, где оно оценено как среднее [17, 22]. В целинных почвах фоновое содержание подвижных форм B соответствует высокому уровню обеспеченности (табл. 1).

*Сера.* Определение содержания подвижных форм S, так же, как и микроэлементов, было включено в программу сплошного агрохимиче-

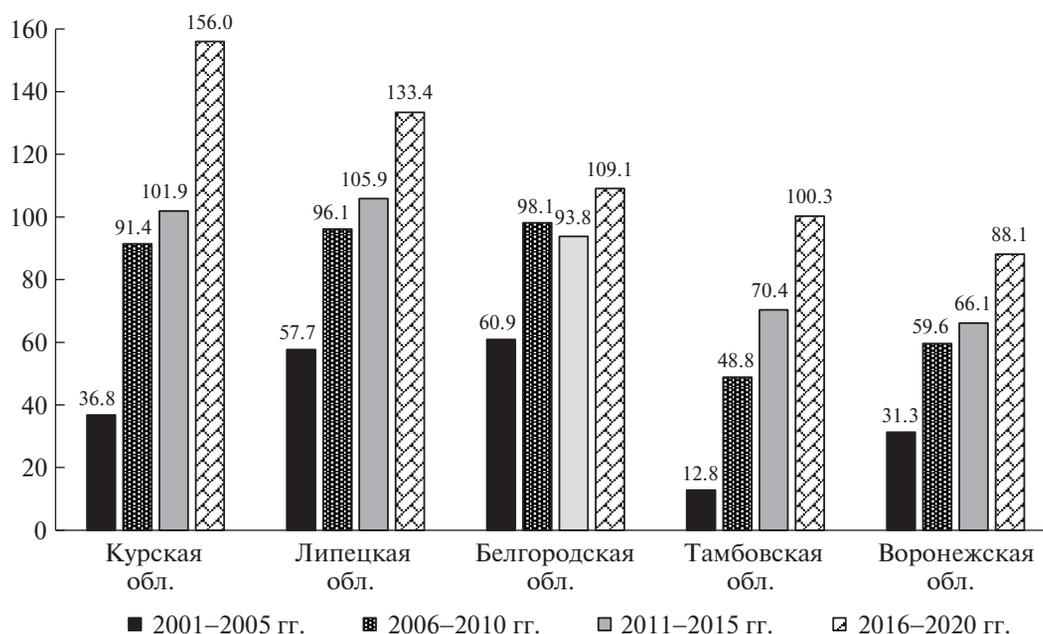


Рис. 6. Динамика внесения минеральных удобрений в ЦЧР, кг д.в./га посева.

ского обследования пахотных почв в областях ЦЧР в разные периоды. Средневзвешенная величина данного показателя в почвах Липецкой обл. (1987–1989 гг.) составляла 9.4, Белгородской (1990–1994 гг.) – 6.8, Тамбовской (1990–1995 гг.) – 4.0, Курской (2009–2013 гг.) – 4.1, Воронежской (2011–2015 гг.) – 1.2 мг/кг. По состоянию на 01.01.2021 г. (в сравнении с указанными выше периодами) средневзвешенное содержание подвижной S снизилось в почвах Белгородской обл. до 4.0, Липецкой – до 3.7, Курской – до 2.9, Там-

бовской – до 2.8, Воронежской – увеличилось до 3.9 мг/кг. Максимальная доля пахотных почв, низко обеспеченных (<6 мг/кг) подвижной S (95.1%), отмечена в Тамбовской, минимальная (74.7%) – в Воронежской обл. (табл. 2). Снижение содержания в пахотных почвах подвижных форм этого элемента во многом является следствием отказа от использования минеральных серосодержащих удобрений (в первую очередь простого и двойного суперфосфата) [17, 20].

Таблица 1. Содержание подвижных форм серы и микроэлементов в целинных почвах особо охраняемых природных территорий ЦЧР

Показатель	Элемент					
	S	Zn	Mn	Cu	Co	B
Чернозем обыкновенный (природный парк “Ровеньский”, Белгородская обл.)						
Среднее содержание, мг/кг	1.8	0.80	6.1	0.20	0.07	2.6
Группа обеспеченности	Низкая					Высокая
Чернозем типичный (заповедник “Белогорье”, участок “Ямская степь”, Белгородская область)						
Среднее содержание, мг/кг	2.3	0.79	10.9	0.24	0.20	1.50
Группа обеспеченности	Низкая		Средняя			Высокая
Чернозем выщелоченный (памятник природы “Долина реки Кривец”, Липецкая обл.)						
Среднее содержание, мг/кг	3.37	0.26	5.4	0.08	Нет данных	2.2
Группа обеспеченности	Низкая					Высокая
Темно-серая лесная (ландшафтный заказник “Долговский”, Липецкая обл.)						
Среднее содержание, мг/кг	3.15	0.25	7.2	0.09	Нет данных	0.9
Группа обеспеченности	Низкая					Высокая

**Таблица 2.** Средневзвешенное содержание и доля пахотных почв, низкообеспеченных подвижными формами серы и микроэлементов (по данным мониторинга на 01.01.2021 г.)

Элемент	Область				
	Белгородская	Воронежская	Курская	Липецкая	Тамбовская
Средневзвешенное содержание, мг/кг					
S	4.0	3.9	2.9	3.7	2.8
Mn	11.8	11.6	7.5	15.6	6.1
Zn	0.51	0.30	0.59	0.70	0.48
Cu	0.12	0.10	0.10	0.09	0.12
Co	0.08	0.10	0.12	Нет данных	0.11
Доля почв с низкой обеспеченностью, % от обследованной площади					
S	85.1	74.7	93.4	90.4	95.1
Mn	35.6	51.9	79.7	3.1	88.3
Zn	97.9	99.5	99.7	99.3	99.9
Cu	94.3	98.2	98.9	96.4	99.5
Co	98.9	99.2	98.3	Нет данных	99.7

**Марганец.** Наиболее высокое содержание подвижных форм Mn в почвах за весь период наблюдений было установлено в Белгородской обл. (1990–1994 гг.) – 17.5 мг/кг, в Липецкой (1987–1989 гг.) – 16.0, в Воронежской (2006–2010 гг.) – 12.4, в Тамбовской (1985–1990 гг.) – 10.1 мг/кг. По состоянию на 01.01.2021 г. средневзвешенное содержание подвижных форм этого элемента в почвах Липецкой обл. снизилось до 15.6, Белгородской – до 11.8, Воронежской – до 11.6, Тамбовской – до 6.1 мг/кг. В Курской обл. отмечено незначительное (+0.3 мг/кг) увеличение данного показателя до 7.5 мг/кг по сравнению с периодом 1999–2003 гг. В Тамбовской обл. установлена наиболее высокая (88.3%) доля почв, низкообеспеченных (<10 мг/кг) подвижным Mn, в Липецкой – наиболее низкая (3.1%).

**Цинк.** Наиболее высокое средневзвешенное содержание подвижных форм Zn было зафиксировано в пахотных почвах Белгородской обл. (1.4 мг/кг) в 1990–1994 гг., Липецкой (1.0 мг/кг) – в 1987–1989 гг., Воронежской (0.45 мг/кг) – в 2006–2010 гг. По состоянию на 01.01.2021 г. величина этого показателя в Белгородской обл. снизилась до 0.51, в Липецкой – до 0.70, в Воронежской – до 0.30 мг/кг. В почвах Курской обл. отмечен тренд к увеличению показателя на 0.14 мг/кг (до 0.59 мг/кг) по сравнению с 1999–2003 гг. В Тамбовской обл. также отмечена тенденция к увеличению содержания подвижных форм Zn в почве на 0.07 мг/кг (до 0.48 мг/кг) по сравнению с 1985–1990 гг. В областях ЦЧР доля пахотных почв с низкой обеспеченностью (<2.0 мг/кг) подвижными формами Zn составляет 97.9–99.9%.

**Медь.** Максимальное средневзвешенное содержание подвижных форм Cu в почвах было зафиксировано в Курской обл. (0.29 мг/кг) в 1999–2003 гг., в Воронежской (0.15 мг/кг) – в 2006–2010 гг. В почвах Тамбовской, Белгородской и Липецкой областей величина данного параметра составляла соответственно 0.12 (2002–2008 гг.), 0.11 (2009–2014 гг.) и 0.10 мг/кг (1987–1989 гг.). По состоянию на 01.01.2021 г. средневзвешенное содержание подвижных форм Cu в пахотных почвах Воронежской и Курской обл. снизилось до 0.10, Липецкой – до 0.09 мг/кг. В Тамбовской обл. величина параметра не изменилась, оставшись на уровне 0.12 мг/кг, в Белгородской – повысилась до 0.12 мг/кг. В областях Центрального Черноземья 94.3–99.5% обследованных пахотных почв относятся к категории низкой обеспеченности (<0.2 мг/кг) подвижными формами Cu.

**Кобальт.** Средневзвешенное содержание подвижных форм Co в почвах Курской обл. в 2004–2008 гг. составляло 0.16, Воронежской (2006–2010 гг.) – 0.14, Тамбовской (2002–2008 гг.) – 0.11, Белгородской (2005–2000 гг.) – 0.08 мг/кг. По состоянию на 01.01.2021 г. величина этого параметра в пахотных почвах Белгородской и Тамбовской обл. не изменилась, в Курской и Воронежской обл. снизилась соответственно до 0.12 и 0.10 мг/кг. В этих областях 98.3–99.7% пахотных почв являются низкообеспеченными (<0.15 мг/кг) подвижным Co.

**Бор.** В отличие от других изученных микроэлементов фоновое содержание подвижных форм B в целинных черноземах соответствует высокому уровню обеспеченности [17]. Пахотные черно-

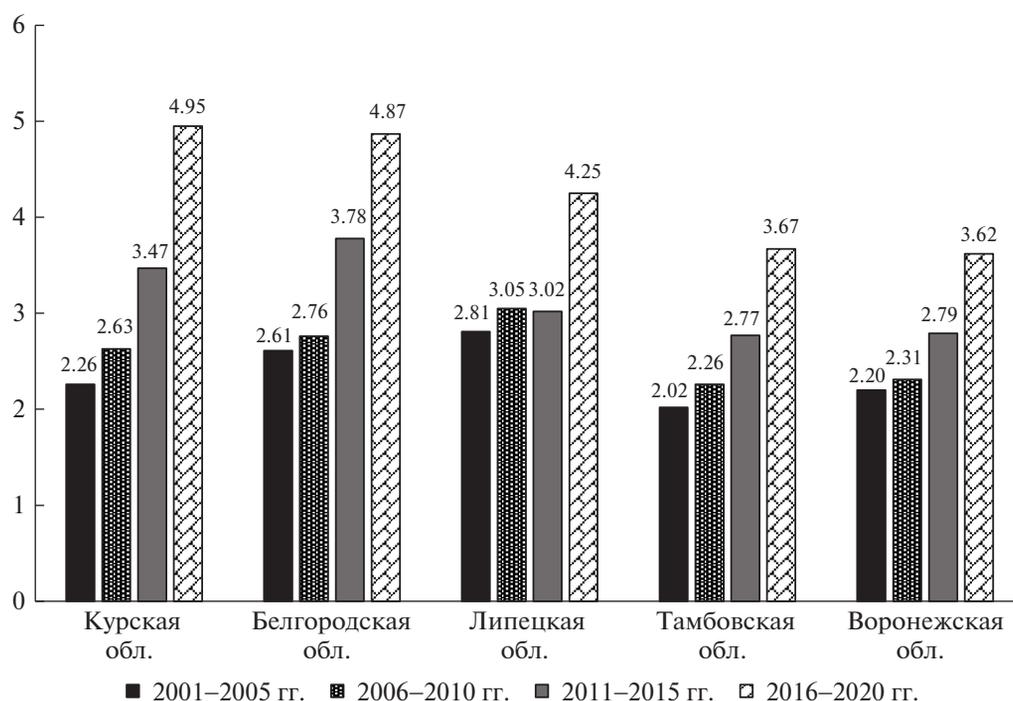


Рис. 7. Динамика урожайности зерновых и зернобобовых культур в ЦЧР (хозяйства всех категорий), т/га.

земы наследуют эту генетическую особенность, поэтому данный показатель обычно не является фактором, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур, и не во всех областях ЦЧР он включен в программу обязательного агрохимического обследования. По состоянию на 01.01.2021 г. доля почв, высоко обеспеченных подвижными формами В (>0.7 мг/кг), составляет в Белгородской, Тамбовской, Липецкой и Курской обл. соответственно 99.2, 93.6, 92.6 и 42.7%. Пахотные почвы, низко обеспеченные (<0.33 мг/кг) этим микроэлементом, выявлены в западных районах Курской обл.

Урожайность сельскохозяйственных культур является комплексным критерием плодородия почв. В ЦЧР наибольшие посевные площади заняты под зерновыми и зернобобовыми культурами. В 2016–2020 гг. их доля в структуре посевных площадей была минимальной в Белгородской обл. (52%) и максимальной – в Курской (62%).

В 2016–2020 гг. по сравнению с 2001–2005 гг. урожайность этой группы культур в Курской обл. увеличилась в 2.19 раза, достигнув рекордного для ЦЧР уровня 4.95 т/га (рис. 7). За этот же период в Белгородской, Воронежской, Липецкой, Тамбовской обл. урожайность увеличилась соответственно в 1.87, 1.65, 1.51, 1.82 раза. В 2016–2020 гг. наиболее низкая урожайность отмечена в Воронежской (3.62 т/га) и Тамбовской (3.67 т/га) обл.,

что во многом является следствием самого низкого в ЦЧР уровня использования удобрений. В целом в областях ЦЧР урожайность зерновых и зернобобовых культур существенно превышала средний уровень в РФ, который в 2016–2020 гг. составлял 2.72 т/га.

### ВЫВОДЫ

1. Таким образом, в ЦЧР за 2016–2020 гг. по сравнению с 2001–2005 гг. отмечен значительный рост использования минеральных удобрений (в 1.8–7.8 раза) и объемов химической мелиорации почв (в 2.3–43.9 раза). Наиболее высокий уровень внесения минеральных удобрений (156 кг/га) был достигнут в Курской обл., органических удобрений (8.83 т/га) и известкования кислых почв (65.9 тыс. га в год) – в Белгородской. Минимальный уровень внесения минеральных удобрений (88.1 кг/га) и известкования (13.0 тыс. га) отмечен в Воронежской, а использования органических удобрений (0.24 т/га) – в Тамбовской обл. За эти же годы урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличилась в 1.51–2.19 раза. Максимальная урожайность была достигнута в Курской (4.95 т/га) и Белгородской (4.87 т/га) обл., минимальная – в Тамбовской (3.67 т/га) и Воронежской (3.62 т/га).

2. По состоянию на 01.01.2021 г. наиболее существенное увеличение обеспеченности почв ор-

ганическим веществом, подвижными формами  $P_2O_5$  и  $K_2O$ , снижение доли кислых почв отмечено в Белгородской обл. В пахотных почвах Тамбовской обл. зафиксировано максимальное средневзвешенное содержание органического вещества (6.5%), минимальное (4.7%) отмечено в Курской обл. Самое высокое содержание подвижных форм  $P_2O_5$  (143 мг/кг) и  $K_2O$  (169 мг/кг) наблюдали в почвах Белгородской, а самое низкое (соответственно 88 и 106 мг/кг) – в Тамбовской обл.

3. В почвах пашни Липецкой обл. зафиксирована самая высокая доля кислых почв 77.9%, тогда как в Белгородской и Воронежской обл. она составляла 31.0%. Пахотные почвы региона в основном характеризуются низкой обеспеченностью подвижными формами цинка, меди и кобальта. Наиболее высокая доля почв, низко обеспеченных подвижными формами серы (95.1%) и марганца (88.3%), отмечалась в Тамбовской, а наиболее низкая – соответственно в Воронежской (74.7%) и Липецкой (3.1%) обл.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Докучаев В.В. Русский чернозем. М.: “Книга по Требованию”, 2012. 559 с.
2. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (дата обращения 24.04.2021 г.).
3. Некрасов Р.В., Лукин С.В., Куницын Д.А. Мониторинг основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв в Центрально-Черноземном районе России // Достиж. науки и техн. АПК. 2021. Т. 35. № 9. С. 4–10. <https://doi.org/10.53859/02352451-2021-35-9-4>
4. Суринов А.В. Динамика агрохимических показателей плодородия черноземов лесостепной зоны ЦЧР // Агрехими. вестн. 2022. № 2. С. 8–14. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-2-002>
5. Surinov A.V. Monitoring of the agrochemical state of agricultural chernozems of the forest-steppe zone of the central chernozem region of Russia // BIO Web of Conference: Inter. Sci. and Practic. Conf., Tyumen, 19–20.07.2021. Tyumen: EDP Sciences, 2021. P. 03018.
6. Malysheva E.S. Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and oil-erosion monitoring of soils // Там же. P. 03024
7. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Володарская И.В. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: Минсельхоз, 2003. 195 с.
8. Соловichenko В.Д., Тютюнов С.И., Уваров Г.И. Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона. Белгород: “Отчий край”, 2012. 256 с.
9. Плодородие черноземов России / Под ред. Н.З. Милащенко. М.: Агроконсалт, 1998. 688 с.
10. Сискевич Р.Ю., Корчагин Е.В., Косикова Н.А. Химическая мелиорация земель сельскохозяйственного назначения // Земледелие. 2021. № 2. С. 14–17.
11. Ивойлов А.В. Ацидогенная деградация черноземных почв и адаптивные приемы ее преодоления // Агрехимия. 2022. № 1. С. 78–85. <https://doi.org/10.31857/S0002188122010070>
12. Лыков А.М. Ближайшие и долговременные проблемы оптимизации “гумусового хозяйства” пахотных почв РФ // Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии. М.: РАСХН–ВНИПТИОУ, 2002. С. 40–50.
13. Пилипенко Н.Г. Влияние длительного применения элементов биологизации на основные показатели плодородия почвы и продуктивность севооборота на малогумусном малокарбонатном черноземе Забайкалья // Агрехимия. 2022. № 2. С. 3–12. <https://doi.org/10.31857/S0002188122020120>
14. Semenov V.M., Pautova N.V., Lebedeva T.N. Plant residues decomposition and active organic matter in the soil of incubation experiments // Euras. Soil Sci. 2019. V. 52. № 10. С. 1183–1194.
15. Kiryushin V.I. The management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive-landscape farming systems // Euras. Soil Sci. 2019. V. 52. № 9. С. 1137–1145.
16. Побилат А.Е., Волошин Е.И. Мониторинг микроэлементов в почвах (обзор) // Микроэлементы в медицине. 2021. Т. 22. № 4. С. 14–26. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-4-14-26>
17. Лукин С.В., Куницын Д.А., Пироженко В.В. Мониторинг содержания серы и микроэлементов в почвах Центрально-Черноземного района России // Достиж. науки и техн. АПК. 2022. Т. 36. № 1. С. 4–7. <https://doi.org/10.53859/02352451-2022-36-1-4>
18. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания цинка в агроценозах Белгородской обл. // Агрехим. вестн. 2021. № 4. С. 14–19. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-4-003>
19. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания марганца, цинка и кобальта в черноземе обыкновенном // АгроЭкоИнфо. 2021. № 4 (46). <https://doi.org/10.51419/20214416>
20. Аристархов А.Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // Международ. сел.-хоз. журн. 2016. № 5. С. 39–47.
21. Левшаков Л.В., Пироженко В.В. Сера в почвах Курской обл. // Агрехим. вестн. 2022. № 3. С. 49–53. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-009>
22. Сискевич Ю.И., Никоноренков В.А., Долгих О.В. Почвы Липецкой области. Липецк: Изд-во ООО “Позитив Л”, 2018. 209 с.

## Monitoring of Agroecological Condition of Arable Soils of the Central Chernozem Region of Russia

S. V. Lukin<sup>a,b,#</sup>

<sup>a</sup>*Agrochemical Service Center “Belgorodsky”  
ul. Shchorsa 8, Belgorod 308027, Russia*

<sup>b</sup>*Belgorod State National Research University  
ul. Pobedy 85, Belgorod 308015, Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru*

Based on the analysis of the results of agroecological monitoring, it was found that in the Central Chernozem region (CCR) for 2016–2020, compared with 2001–2005, there was a significant increase in the use of mineral fertilizers (1.8–7.8 times) and the volume of chemical soil reclamation (2.3–43.9 times). The highest level of application of mineral fertilizers (156 kg/ha) was achieved in the Kursk region, organic fertilizers (8.83 t/ha) and liming of acidic soils (65.9 thousand hectares per year) – in the Belgorod region. The minimum level of mineral fertilizers (88.1 kg/ha) and liming (13.0 thousand ha) was registered in Voronezh, and the use of organic fertilizers (0.24 t/ha) – in the Tambov regions. Over the same years, the yield of grain and leguminous crops increased by 1.51–2.19 times. The maximum yield was achieved in Kursk (4.95 t/ha) and Belgorod (4.87 t/ha) regions, the minimum – in Tambov (3.67 t/ha) and Voronezh (3.62 t/ha). As of 01.01.2021, the most significant increase in the provision of soils with organic matter, mobile forms of  $P_2O_5$  and  $K_2O$ , a decrease in the proportion of acidic soils was noted in the Belgorod region. In arable soils of the Tambov region the maximum weighted average content of organic matter (6.5%) was recorded, the minimum (4.7%) was noted in the Kursk region. The highest content of mobile forms of  $P_2O_5$  (143 mg/kg) and  $K_2O$  (169 mg/kg) was observed in the soils of Belgorod, the lowest (respectively 88 and 106 mg/kg) – in the Tambov regions. The highest proportion of acidic soils (77.9%) was recorded in the soils of arable land in the Lipetsk region, while in the Belgorod and Voronezh regions it was 31.0%. Arable soils of the region are mainly characterized by low availability of mobile forms of zinc, copper and cobalt. The highest proportion of soils with low availability of mobile forms of sulfur (95.1%) and manganese (88.3%) was noted in the Tambov region, the lowest – respectively in the Voronezh (74.7%) and Lipetsk (3.1%) regions.

*Key words:* agrochemical examination, liming, potassium, soil acidity, trace elements, soil organic matter, sulfur, phosphorus, fertilizers, yield.