



Научная статья

УДК 631.41

doi: 10.55186/25876740\_2024\_67\_4\_379

## МОНИТОРИНГ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЦЧР РОССИИ

А.В. Суринов<sup>1,2</sup>, Н.С. Четверикова<sup>2</sup><sup>1</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия<sup>2</sup>Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород, Россия

**Аннотация.** Приведены результаты агроэкологического мониторинга пахотных почв муниципального образования «Чернянский район» Белгородской области за 2010-2022 гг. Отбор почвенных проб осуществлялся согласно общепринятым методикам, анализы проводились в аккредитованной лаборатории. Установлено, что за 2018-2022 гг. был достигнут максимум внесения минеральных удобрений (103,3 кг/га), объемы внесения органических удобрений составили 3,5 т/га. В XI цикле агрохимического обследования, по сравнению с IX, средневзвешенное содержание органического вещества увеличилось на 0,38%, щелочногидролизуемого азота — на 14 мг/кг, подвижных форм калия — на 3 мг/кг, серы — на 0,87 мг/кг, содержание фосфора снизилось на 14 мг/кг. Площадь кислых почв сократилась в 2,2 раза, из них среднекислых — в 8,1 раза, значение pH увеличилось на 0,26 ед., а значение гидролитической кислотности снизилось на 0,78 ммоль/100 г. Средневзвешенное содержание обменных форм кальция (22,5 ммоль/100 г) и магния (2,95 ммоль/100 г) оценивается как очень высокое и повышенное. В XI цикле обследования отмечено увеличение содержания меди на 0,020 мг/кг, а содержание цинка, марганца и кобальта снизилось на 0,24, 0,06 и 0,002 мг/кг соответственно. Средневзвешенное содержание подвижных форм молибдена составило 0,13 мг/кг, бора — 0,81 мг/кг. Доля почв, низкообеспеченных подвижными формами меди, цинка, кобальта, марганца и молибдена, составила 97,9, 97,7, 99,1, 62,9 и 22,1% соответственно. На этих почвах целесообразно применять микроудобрения. Урожайность основных сельскохозяйственных культур достигла исторического максимума: озимой пшеницы — 5,05 т/га, подсолнечника — 3,10, кукурузы на зерно — 7,57 и сои — 2,14 т/га.

**Ключевые слова:** органическое вещество, плодородие, удобрения, мелиорация, чернозем, урожайность, эрозия, макроэлементы, микроэлементы

Original article

## MONITORING OF AGROECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL SOILS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE CENTRAL REGION OF RUSSIA

A.V. Surinov<sup>1,2</sup>, N.S. Chetverikova<sup>2</sup><sup>1</sup>Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia<sup>2</sup>Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", Belgorod, Russia

**Abstract.** The results of agroecological monitoring of arable soils of the municipal formation "Chernyansky district" of the Belgorod region for 2010-2022 are presented. Soil sampling was carried out according to generally accepted methods, and analyzes were carried out in an accredited laboratory. It was established that in 2018-2022 the maximum application of mineral fertilizers was achieved (103.3 kg/ha), the volume of organic fertilizers amounted to 3.5 t/ha. In the XI cycle of agrochemical survey, compared with IX, the weighted average content of organic matter increased by 0.38%, alkali hydrolyzable nitrogen — by 14 mg/kg, mobile forms of potassium — by 3 mg/kg, sulfur — by 0.87 mg/kg, phosphorus content decreased by 14 mg/kg. The area of acidic soils decreased by 2.2 times, of which moderately acidic soils decreased by 8.1 times, the pH value increased by 0.26 units, and the value of hydrolytic acidity decreased by 0.78 mmol/100 g. The weighted average content of exchangeable forms of calcium (22.5 mmol/100 g) and magnesium (2.95 mmol/100 g) is assessed as very high and increased. In the XI survey cycle, an increase in copper content was noted by 0.020 mg/kg, and the content of zinc, manganese and cobalt decreased by 0.24, 0.06 and 0.002 mg/kg, respectively. The weighted average content of mobile forms of molybdenum was 0.13 mg/kg, boron — 0.81 mg/kg. The proportion of soils low in mobile forms of copper, zinc, cobalt, manganese and molybdenum was 97.9, 97.7, 99.1, 62.9 and 22.1%, respectively. It is advisable to use microfertilizers on these soils. The yield of the main agricultural crops reached a historical maximum: winter wheat — 5.05 t/ha, sunflower — 3.10, grain corn — 7.57 and soybeans — 2.14 t/ha.

**Keywords:** organic matter, fertility, fertilizers, melioration, chernozem, productivity, erosion, macronutrients, microelements

**Введение.** По данным пересмотренной Всемирной хартии почв, почвы являются важным экологическим инструментом регулирования климата за счет способности накапливать, преобразовывать и трансформировать углерод. У разных почв разная степень вовлеченности в данный процесс, что обусловлено различными условиями формирования почв и их типами. Любые факторы, снижающие качественные показатели состояния почв, влияют и на состояние экосистем в целом [1, 2].

Естественные и антропогенные факторы — неотъемлемая часть воздействия на плодородный слой земли, прямо или косвенно приводящие к негативным последствиям. Основными видами деградации почв являются: эрозия, дефляция, дегумификация, подкисление. Данным

процессам подвержено большинство почв планеты. По свидетельствам Европейского союза, потери от деградации почв составляют 38 млрд евро/год, а площадь потерянных земельных ресурсов во всем мире достигает 6,7 млн га/год [1, 3]. Интенсивное и часто нерациональное ведение сельского хозяйства усиливает деградационные процессы, что нашло подтверждение в трудах различных исследователей [4, 5].

По мнению основателя генетического почвоведения В.В. Докучаева, самыми плодородными почвами России являются черноземы ЦЧР [6]. Однако и они в процессе сельскохозяйственного использования подвержены деградационным процессам и, в первую очередь, водной эрозии. Например, в Белгородской области площадь склоновых земель состав-

ляет 72% от общей площади региона, из них 53,6% — эродированные земли сельскохозяйственного назначения, а 47,9% — эродированная пашня [7].

Развитие сельского хозяйства, науки, технологий, а также разработка и внедрение мероприятий по сдерживанию развития негативных факторов в земледелии позволили несколько изменить ситуацию. В Белгородской области с 2011 г. внедрена программа биологизации земледелия, нацеленная на увеличение продуктивности почв за счет естественных природных факторов [8]. Кроме этого, применение новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, увеличение объемов применяемых удобрений, модернизация машинотракторного парка, освоение интенсивных технологий

и проведение мелиоративных мероприятий способствовало повышению плодородного потенциала почв и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [9].

Мониторинг состояния почв — важнейшая составляющая часть стабильного развития сельскохозяйственного производства и обеспечения страны необходимым продовольствием. В Белгородской области функция мониторинга возложена на Центр агрохимической службы «Белгородский».

Целью данной работы является анализ данных мониторинга агроэкологического состояния пахотных почв юго-западной части ЦЧР России.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования выбраны пахотные почвы Чернянского района, расположенного в центральной части Белгородской области, входящей в состав Среднерусской лесостепной провинции. Величина гидротермического коэффициента по Селянинову (ГТК) находится в пределах 1,0-1,1, сумма активных температур составляет до 2700°C, годовая сумма осадков — 550-600 мм. Площадь пахотных земель составляет 72,6 тыс. га, из которых 53,2% — эродированная пашня (по данным 2-го тура почвенного обследования). Преобладающим типом почв в исследуемом районе является чернозем, представленный двумя подтипами: типичным (39,6%) и выщелоченным (32,4%), третье место по занимаемой площади закрепилось за серыми лесными почвами (22,4%) [7].

Общая площадь района составляет 122,9 тыс. га. За исследуемый промежуток времени средняя площадь посева сельскохозяйственных культур составила 69,3 тыс. га, из них площадь озимой пшеницы — 15,3 тыс. га (22,1%), подсолнечника на зерно — 8,1 тыс. га (11,7%), кукурузы на зерно — 2,9 тыс. га (4,2%), сои — 9,1 тыс. га (13,1%) [10].

Исходным материалом для статьи послужили данные агроэкологического мониторинга пахотных почв, проводимого Центром агрохимической службы «Белгородский». Почвенные пробы отбирались согласно МУ по проведению комплексного мониторинга и ГОСТ Р 58595-2019. Согласно стандартам, сетка элементарных участков наносилась на картографический материал с учетом особенностей рельефа и типов почвенных разностей. Площадь элементарного участка равнялась 15-20 га, одна смешанная проба отбиралась из 20-40 точечных проб, маршрутный ход и точки отбора проб фиксировались с помощью навигаторов с использованием глобальных навигационных систем типа GPS и ГЛОНАСС. Исследуемый период охватил 3 цикла сплошного агрохимического обследования почв с 2010 по 2022 гг., за каждый из которых отбиралось в среднем по 3,3 тыс. проб почвы.

Исследования проводились в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ «ЦАС «Белгородский» в соответствии с общепринятыми методиками: массовая доля подвижных соединений фосфора и калия — по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91), рН солевой вытяжки — в соответствии с ГОСТ 26483-85, гидролитическая кислотность (Нг) — по Каппену (ГОСТ 26212-91), органическое вещество — в соответствии с ГОСТ 26213-91, массовая доля щелочногидролизующего азота — по методическим указаниям по определению щелочногидролизующего азота в почве методом Корнфилда, массовая доля подвижной серы — турбидиметрическим методом (ГОСТ 26490-85), массовые доли подвижных форм цинка — по методу Александровой и Крупского (ГОСТ Р 50686-94), меди и кобальта — по методу Александровой и Крупского (ГОСТ Р 50683-94), марганца — по методу Александровой и Крупского (ГОСТ Р 50685-94) извлекаемые ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН=4,8, молибдена — по методу Григга (ГОСТ Р 50689-94) с использованием оксалатно-буферного раствора с рН=3,3, бора — по методу Бергера и Труога (ГОСТ Р 50688-94) с использованием воды в качестве экстрагента, кальция — титриметрическим методом с использованием в качестве металлоиндикатора хрома кислотного темно-синего, магния — атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 26428-85).

Статистическая обработка результатов агроэкологического обследования почв проводилась автоматически с использованием программного комплекса ГИС Агроэколог Онлайн [11, 12, 13].

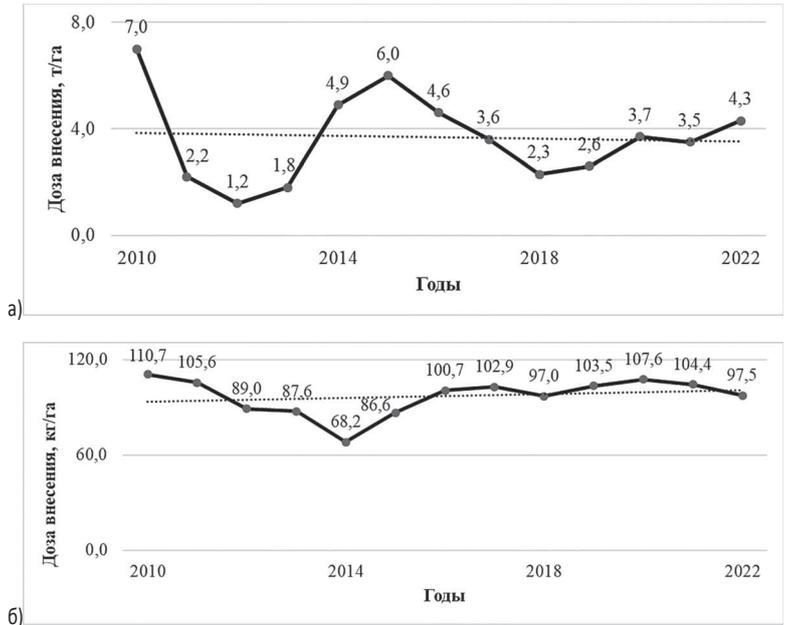


Рисунок 1. Динамика внесения органических (а) и минеральных удобрений (б)  
Figure 1. Dynamics of application of organic (a) and mineral fertilizers (b)

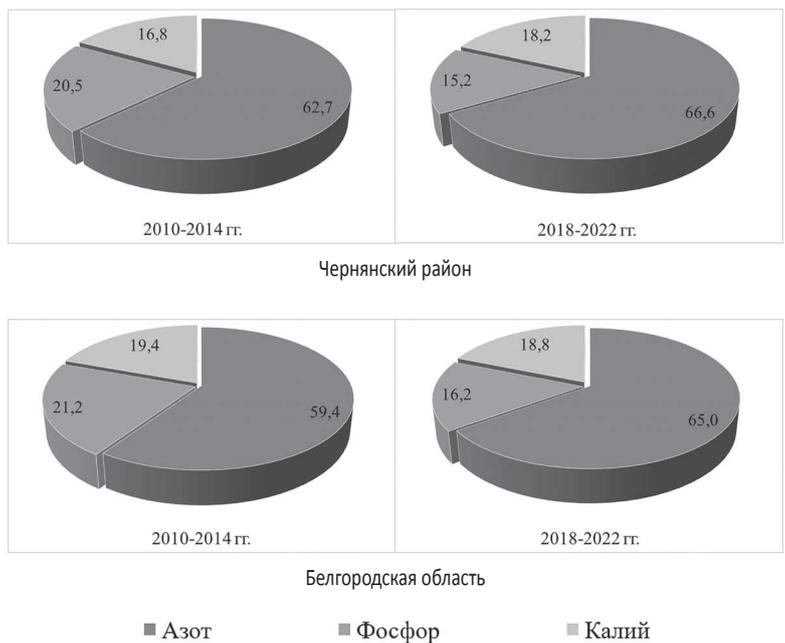


Рисунок 2. Структура применения минеральных удобрений  
Figure 2. Structure of application of mineral fertilizers

Таблица 1. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв  
Table 1. Dynamics of agrochemical indicators of agricultural soil fertility

Показатель	Год обследования (цикл)		Отклонение
	2014 (IX)	2022 (XI)	
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г почвы	3,20	2,42	-0,78
pH <sub>KCl</sub>	5,70	5,96	0,26
Доля кислых почв, % от обследованной площади	49,3	22,0	-27,3
	всего		
Массовая доля, % органического вещества	11,8	1,46	-10,3
	в том числе средне- и сильнокислых		
Массовая доля, % щелочногидролизующего азота	4,40	4,78	0,38
Массовая доля, мг/кг азота	149	163	14
Массовая доля подвижных форм, мг/кг фосфора	168	154	-14
	калия	157	160



**Результаты и обсуждение.** Достаточно эффективным фактором поддержания и повышения продуктивности агроценозов считается внесение органических и минеральных удобрений. В период исследования (2010-2022 гг.) наблюдались существенные колебания в дозах внесения органических удобрений — от 1,2 до 7,0 т/га (рис. 1).

В среднем за 2018-2022 гг. уровень внесения органических удобрений увеличился на 0,1 т/га по сравнению с 2010-2014 гг. и составил 3,5 т/га, что в 2,8 раза ниже, чем средние показатели по области (9,8 т/га) за тот же период, но в 2,22 раза выше, чем в среднем по РФ (1,58 т/га).

Применение минеральных удобрений вызывает положительную динамику за исследуемый период. С 2010-2014 гг. по 2018-2022 гг. средний уровень их внесения вырос на 11,1 кг/га и составил 103,3 кг/га, что на 11,0 кг/га меньше, чем средние показатели по Белгородской области (114,3 кг/га) и в 1,48 раза больше, чем среднее значение по РФ (69,7 кг/га). В структуре применения минеральных удобрений отмечается увеличение доли азотных удобрений. В Чернянском районе в 2010-2014 гг. доля азота во вносимых минеральных удобрениях составляла 62,7%, фосфора — 20,5%, калия — 16,8%, а в 2018-2022 гг. доля азота достигла 66,6%, калия — 18,2%, доля фосфора снизилась до 15,2%. В Белгородской области за 2010-2014 гг. доля азота находилась на уровне 59,4%, фосфора — 21,2%, калия — 19,4%, в 2018-2022 гг. доля азота составляла 65,0%, фосфора — 16,2%, калия — 18,8% соответственно (рис. 2).

Важным показателем агроэкологического состояния пахотных почв является содержание органического вещества, особая роль которого заключается в аккумуляции элементов питания, что определяет пищевой режим почв в экстенсивном земледелии при недостаточном использовании удобрений. В частности, в органическом веществе сосредоточено до 90% от общих запасов азота [14].

Между содержанием в почве органического вещества и щелочногидролизуемого азота существует тесная корреляционная связь. На основе математической обработки выборки из 140 образцов чернозема типичного неэродированного нами получена модель, характеризующая данную зависимость:

$$y = 30,3x + 12,1; R^2 = 0,90,$$

где  $y$  — содержание щелочногидролизуемого азота по Корнфилду, мг/кг;  $x$  — содержание органического вещества, %.

В Чернянском районе, по результатам XI цикла агрохимического обследования, преобладают почвы со средневзвешенным содержанием органического вещества (4-6%) и щелочногидролизуемого азота (151-200 мг/кг). За период исследования содержание органического вещества выросло на 0,38% (с 4,40 до 4,78%), а щелочногидролизуемого азота — на 14 мг/кг (с 149 до 163 мг/кг) (табл. 1).

Тенденция роста данных характеристик плодородия почв связана как с внесением достаточно высоких доз органических удобрений, так и с возросшим поступлением в почву побочной продукции в результате повышения урожайности культур. Кроме того, важная роль принадлежит сидеральным культурам, площадь посева которых за время реализации программы биологизации земледелия, принятой в 2011 г., существенно увеличилась.

Также на территории муниципального образования были заложены почвенные разрезы и проанализирована закономерность распределения органического вещества по профилю преобладающих черноземных почв. Наивысшее его содержание отмечено в пахотном горизонте  $A_1$  — 5,6%. С увеличением глубины почвенного профиля отмечалось закономерное снижение данного параметра до 1,2% в горизонте С (рис. 3).

Содержание органического вещества в верхних горизонтах фонового целинного чернозема типичного было значительно выше, чем в пахотных аналогах (табл. 2).

Распределение органического вещества в верхнем горизонте пахотных почв в зависимости от степени эродированности представлено следующим образом: водораздел — 5,6%, слабозэродированные — 5,0%, среднеэродированные — 3,1%.

Значимым индикатором агроэкологического состояния пахотных почв является наличие кислых почв. Большинство сельскохозяйственных культур, возделываемых в Белгородской области и ЦЧР, отрицательно реагируют на кислую реакцию среды, снижая урожайность. В современном земледелии Центрального Черноземья и нечерноземной зоны России подкисление почв пашни является одним из самых масштабных видов их деградации. Известкование кислых черноземных почв оказывает положительный эффект на урожайность сельскохозяйственных культур сроком до 10 лет [15]. Реализация программы известкования кислых почв в Белгородской области наглядно показывает эффективность осуществляемых мероприятий. В 2014 г. в Чернянском районе площадь кислых почв занимала 43,9% обследованной пашни, в 2022 г. — 22,0%. При этом доля сильно- и среднекислых почв сократилась в 8,1 раза, средневзвешенное значение гидролитической кислотности (Нг) снизилось с 3,20 до 2,42 ммоль/100 г почвы, величина рНксл выросла с 5,70 до 5,96 ед. За период исследования было известковано 31,8 тыс. га пашни, внесено 438 тыс. т мелиоранта.

Помимо кислотности, содержание обменных форм кальция и магния является важным показателем физико-химических свойств почв. По результатам последнего цикла обследования средневзвешенное содержание обменного кальция составило 22,5 ммоль/100 г. При этом 78,4% почв относятся к группе с очень высоким содержанием (>20,1 ммоль/100 г), 15,5% — к группе высокого содержания (15,1-20,0 ммоль/100 г), а 1,44 и 4,67% — к группам повышенного (10,1-15,0 ммоль/100 г) и среднего (5,10-10,0 ммоль/100 г) содержания соответственно. Средневзвешенное содержание обменного магния составило 2,95 ммоль/100 г. При этом пахотные почвы по данному показателю распределились следующим образом: группа очень высокого содержания (>4,01 ммоль/100 г) — 2,54% почв, высокого (3,01-4,00 ммоль/100 г) — 52,34%, повышенного (2,01-3,00 ммоль/100 г) — 35,51%, среднего (1,01-2,00 ммоль/100 г) — 7,99%, низкого (0,51-1,00 ммоль/100 г) — 1,62%.

Фосфор и калий являются важнейшими макроэлементами. Поэтому обеспеченность почв подвижными формами этих элементов является очень важным агрохимическим показателем, существенно влияющим на урожайность

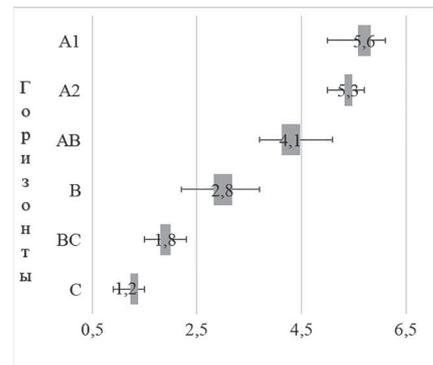


Рисунок 3. Содержание органического вещества в профиле основных черноземных почв, %  
Figure 3. The content of organic matter in the profile of typical chernozem, %

и качество продукции сельскохозяйственных культур. Незначительное повышение содержания (с 157 до 160 мг/кг) подвижных форм калия, относительно IX цикла, зафиксировано в XI. В то же время содержание подвижных форм фосфора составило 154 мг/кг, что на 14 мг/кг меньше, чем в IX цикле (табл. 1). Данную динамику можно объяснить снижением доли фосфорных и увеличением доли калийных удобрений в структуре применения минеральных удобрений, а также большим отчуждением фосфора с основной продукцией сельскохозяйственных культур по сравнению с калием. Кроме того, фосфор существенно теряет свою подвижность на производственных почвах.

Содержание серы и микроэлементов в пахотных почвах многих регионов России находится на низком уровне [16, 17, 18]. За период исследования средневзвешенное содержание подвижных форм серы в почвах выросло на 0,87 мг/кг, меди — на 0,02 мг/кг, содержание марганца, цинка и кобальта снизилось на 0,06, 0,24 и 0,002 мг/кг.

По данным XI цикла обследования, 87,4% обследованных почв по содержанию серы относятся к группе низкообеспеченных (<6,0 мг/кг), 9,7% — к группе среднеобеспеченных (6-12 мг/кг) и только 2,9% — к группе высокообеспеченных (>12 мг/кг). По содержанию подвижных форм меди 99,1% обследованных почв относятся к группе с низким обеспечением (<0,2 мг/кг), 0,9% — с средним (0,2-0,5 мг/кг), по содержанию кобальта к группе низкообеспеченных (<0,15 мг/кг) относится 99,8% почв, к группе среднеобеспеченных (0,15-0,30 мг/кг) — 0,2%. Почв, высокообеспеченных подвижными формами меди и кобальта, выявлено не было. Все обследованные почвы относятся к категории низкообеспеченных (<2 мг/кг) по содержанию подвижных форм цинка. По содержанию марганца 68,6% относится к группе низкообеспеченных (<10 мг/кг) почв, 30,5% — к группе среднеобеспеченных (10-20 мг/кг), 0,9% — к группе высокообеспеченных (>20 мг/кг) (табл. 3).

Выборочное обследование, проводимое в Чернянском районе, показало, что средневзвешенное содержание подвижных форм бора в почве составляет 1,81 мг/кг. При этом 94,6% почв относятся к группе высокого обеспечения (>0,70 мг/кг), 5,4% — к группе среднего обеспечения (0,33-0,70 мг/кг). Почв, низкообеспеченных этим элементом, выявлено не было.



Таблица 2. Содержание органического вещества в целинном черноземе типичном мощном тучном участке «Ямская степь» заповедника «Белогорье»

Table 2. The content of organic matter in the virgin chernozem of the typical powerful fat area of the "Yamskaya steppe" of the "Belogorye" reserve

Генетические горизонты	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	AB	B	BC	C
Глубина забора проб, см	10-20	30-40	55-65	80-90	105-115	150-160
Содержание, %	10,1	5,8	4,7	3,3	2,8	1,1

Таблица 3. Динамика распределения пахотных почв по содержанию подвижных форм серы и микроэлементов

Table 3. Dynamics of the distribution of arable soils by the content of mobile forms of sulfur and trace elements

Элемент	Год обследования (цикл)		Отклонение
	2014 (IX)	2022 (XI)	
<b>Средневзвешенное содержание, мг/кг</b>			
Сера	2,50	3,37	0,87
Медь	0,106	0,126	0,020
Кобальт	0,086	0,084	-0,002
Цинк	0,60	0,36	-0,24
Марганец	9,43	9,37	-0,06
<b>Группа низкой обеспеченности, % от обследованной площади</b>			
Сера (<6 мг/кг)	98,8	87,4	-11,4
Медь (<0,2 мг/кг)	97,9	99,1	1,2
Кобальт (<0,15 мг/кг)	99,1	99,8	0,7
Цинк (<2 мг/кг)	97,7	100	2,3
Марганец (<10 мг/кг)	62,9	68,6	5,7
<b>Группа средней обеспеченности, % от обследованной площади</b>			
Сера (6-12 мг/кг)	1,0	9,7	8,7
Медь (0,2-0,5 мг/кг)	2,1	0,9	-1,2
Кобальт (0,15-0,3 мг/кг)	0,9	0,2	-0,7
Цинк (2-5 мг/кг)	2,2	0,0	-2,2
Марганец (10-20 мг/кг)	35,5	30,5	-5,0
<b>Группа высокой обеспеченности, % от обследованной площади</b>			
Сера (>12 мг/кг)	0,2	2,9	2,7
Медь (>0,5 мг/кг)	0,0	0,0	0,0
Кобальт (>0,3 мг/кг)	0,0	0,0	0,0
Цинк (>5 мг/кг)	0,1	0,0	-0,1
Марганец (>20 мг/кг)	1,6	0,9	-0,7

В XI цикле впервые, в рамках сплошного агрохимического обследования, были получены сведения о содержании подвижных форм молибдена в пахотных почвах. Средневзвешенное значение данного параметра составило 0,13 мг/кг. По содержанию подвижного молибдена 22,1% почв попало в группу низкообеспеченных (<0,1 мг/кг), оставшиеся 77,9% — в группу среднеобеспеченных (0,1-0,22 мг/кг).

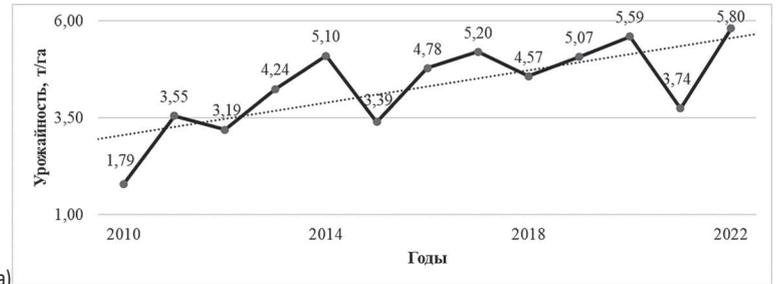
Фоновое содержание подвижных форм микроэлементов в целинном черноземе типичном заповедника «Белогорье» участка «Ямская степь» в горизонте A<sub>1</sub> (10-20 см) следующее: медь — 0,242 мг/кг, цинк — 0,79 мг/кг, кобальт — 0,197 мг/кг, марганец — 10,9 мг/кг, бор — 1,52 мг/кг. Пахотные почвы, по своей сути, являются наследниками целинных в элементном отношении. Как показывают результаты исследования, содержание многих микроэлементов в пахотных почвах ниже, чем в фоновых. Так, содержание подвижных форм Cu, Zn, Mn и Co в почвах пашни ниже, чем в целинных аналогах. Причиной этого, по всей видимости, является

некомпенсированный вынос данных микроэлементов с урожаем сельскохозяйственных культур. Превышения ПДК в пахотных почвах по данным элементам не установлено.

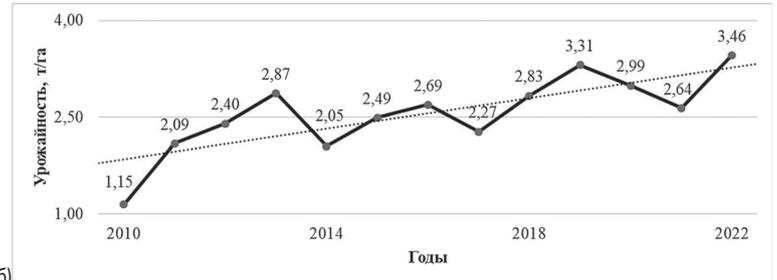
Загрязнение пахотных почв исследуемого района токсичными элементами (кадмий, свинец, мышьяк, ртуть) не выявлено, валовое содержание соответствует нормам и не превышает ОДК [9, 16, 19].

Совокупным критерием плодородия почв можно считать урожайность сельскохозяйственных культур. За период исследования отмечен рост урожайности основных культур: средняя урожайность озимой пшеницы за 2010-2014 гг. составила 3,57 т/га, подсолнечника на зерно — 2,11 т/га, кукурузы на зерно — 4,78 т/га, сои — 1,65 т/га, за период 2018-2022 гг. урожайность достигла уровня 5,05, 3,10, 7,57 и 2,14 т/га соответственно (рис. 4).

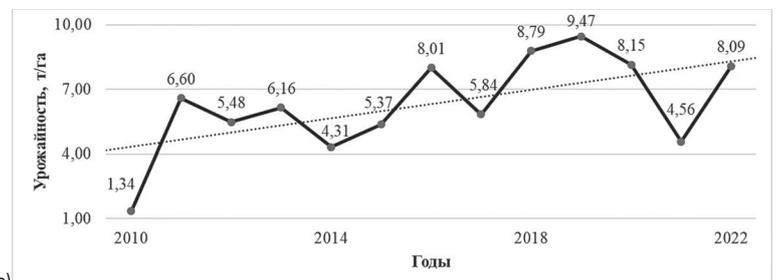
За период 2018-2022 гг. средняя урожайность упомянутых культур по Белгородской области составила 5,10, 2,95, 7,15 и 2,05 т/га, а по РФ — 3,54, 1,68, 5,34 и 1,58 т/га соответственно.



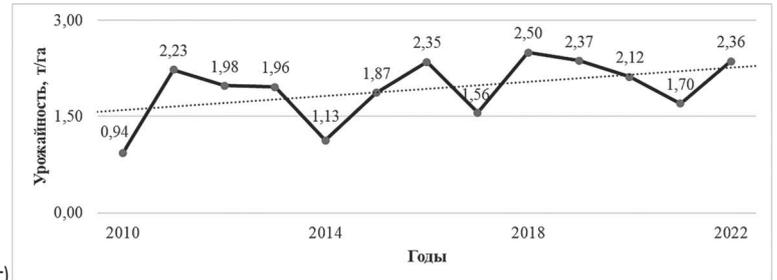
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4. Динамика урожайности зерна: а) озимой пшеницы, б) подсолнечника, в) кукурузы, г) сои, т/га

Figure 4. Dynamics of grain yield: a) winter wheat, b) sunflower, c) corn, d) soybeans, t/ha

### Выводы.

1. Таким образом, зафиксировано, что за 2018-2022 гг. в муниципальном образовании «Чернянский район» был достигнут максимум внесения минеральных удобрений (103,3 кг/га), доза органических удобрений составила 3,5 т/га.

2. В XI цикле обследования, по сравнению с IX циклом, средневзвешенное содержание органического вещества увеличилось на 0,38%, щелочногидролизуемого азота — на 14 мг/кг, калия — на 3 мг/кг, серы — на 0,87 мг/кг, содержание фосфора снизилось на 14 мг/кг. Площадь кислых почв сократилась в 2,2 раза, из них среднекислых — в 8,1 раза, величина рН<sub>KCl</sub> увеличилась на 0,26 ед., а значение гидролитической кислотности снизилось на 0,78 ммоль/100 г. Средневзвешенное содержание обменных форм кальция (22,5 ммоль/100 г) и магния (2,95 ммоль/100 г) оценивается как очень высокое и повышенное.

3. В XI цикле обследования отмечено увеличение содержания меди на 0,020 мг/кг, а содержание цинка, марганца и кобальта снизилось на 0,24, 0,06 и 0,002 мг/кг соответственно.



Средневзвешенное содержание подвижных форм молибдена составило 0,13 мг/кг, бора — 0,81 мг/кг. Доля почв, низкообеспеченных подвижными формами меди, цинка, кобальта, марганца и молибдена, составила 97,9, 97,7, 99,1, 62,9 и 22,1% соответственно. На этих почвах целесообразно применять микроудобрения.

4. Урожайность основных сельскохозяйственных культур достигла исторического максимума: озимой пшеницы — 5,05 т/га, подсолнечника — 3,10 т/га, кукурузы на зерно — 7,57 т/га, сои — 2,14 т/га.

#### Список источников

1. Воронцова О.В. Европейская хартия почв: этапы правового регулирования // Вестник Саратовской государственной юридической академии. 2014. № 4 (99). С. 235-239. EDN SPLPKZ
2. Пересмотренная Всемирная хартия почв. ФАО, 2015. 10 с.
3. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: Изд-во МСХА, 2000. 473 с.
4. Парахневич Т.М. Применение эколого-ландшафтного подхода к оценке устойчивости агроландшафтов. В кн.: Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Международной ландшафтной конференции (Воронеж, 14-17 мая 2018 г.). Воронеж: Истоки, 2018. Т. 2. С. 182-184.
5. Surinov, A.V. (2022). Fertility dynamics of the forest-steppe zone's arable soils in the central chernozem region (on the example of the Prokhorovsky district of the Belgorod region). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1043:012014. doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012014
6. Апарин Б.Ф., Захарова М.К. Признание (к 175-летию со дня рождения В.В. Докучаева) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2021. С. 202-225.
7. Соловichenko В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: Отчий край, 2005. 291 с.
8. Соколов М.С. Оздоровление почвы и биологизация земледелия — важнейшие факторы оптимизации экологического статуса агрорегиона (Белгородский опыт) // Агрохимия. 2019. № 11. С. 3-16. doi: 10.1134/S0002188119110127. EDN OTEKOJ
9. Lukin, S.V. (2023). Monitoring of the Lead Content in Agroecosystems of the Central Black Earth Region of Russia. *Doklady Earth Sciences*, no. 510 (2), pp. 508-512. doi: 10.1134/S0002188119110127. EDN OTEKOJ
10. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (дата обращения: 29.11.2023).
11. Malysheva, E.S. (2021). Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring of soils. Bio web of conferences: *International Scientific and Practical Conference "Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture"* (FSRAABA 2021), Tyumen, July 19-20, 2021. Tyumen, EDP Sciences, p. 03016. EDN FCSJYG
12. Malysheva, E.S., Malyshev, A.V., Kostin, I.G. (2021). Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, June 20-21, 2021*. Ussurijsk, p. 032070. doi: 10.1088/1755-1315/937/3/032070
13. Костин И.Г. Использование геоинформационных систем для анализа экологического состояния агроланд-

шафтов // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 2. doi: 10.55186/2413046X\_2023\_8\_2\_54

14. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество / Почвенный институт им. В.В. Докучаева. М.: ГЕОС, 2015. 233 с. EDN VQNCVL

15. Корнейко Н.И., Поддубный А.С. Программа известкования кислых почв Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 17-19.

16. Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants*. 4th ed. Boca Raton, Taylor and Francis Group, 534 p.

17. Лукин С.В., Авраменко П.М., Меленцова С.В. Динамика содержания подвижных форм цинка и марганца в пахотных почвах Белгородской области // Агрохимия. 2006. № 7. С. 5-8. EDN HUGDCL

18. Лукин С.В., Авраменко П.М. Микроэлементы в почвах Белгородской области // Земледелие. 2008. № 7. С. 21-22. EDN JUWXAF

19. Четверикова Н.С., Марциневская Л.В. Свинец в агроландшафтах лесостепной зоны ЦЧО // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 10-2. С. 303-306. EDN RCOCYF

20. Surinov, A.V. (2023). Agro-ecological assessment of the condition of arable soils of the CCR. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, volume 1206. *International Scientific and Practical Conference: Food and Environmental Security in Modern Geopolitical Conditions: Problems and Solutions (EPFS-2023) 21/02/2023-22/02/2023*. Kostanay, Kazakhstan, p. 012011. doi: 10.1088/1755-1315/1206/1/012011

#### References

1. Vorontsova, O.V. (2014). *Evropejskaya khartiya pochv: ehtapy pravovogo regulirovaniya* [The European Soil Charter: methods of legal regulation]. *Vestnik Saratovskoi gosudarstvennoi yuridicheskoi akademii* [Bulletin of the Saratov State Law Academy], no. 4 (99), pp. 235-239. EDN SPLPKZ
2. *Peresmotrennaya Vsemirnaya khartiya pochv* (2015). [Revised World Soil Charter]. ФАО, 10 p.
3. Kiryushin, V.I. (2000). *Ehkologizatsiya zemledeliya i tekhnologicheskaya politika* [Ecologization of agriculture and technological policy]. Moscow, Publishing house of the Moscow Agricultural Academy, 473 p.
4. Parakhnevich, T.M. (2018). *Primenenie ehkologo-landshaftnogo podkhoda k otsenke ustoiчивosti agrolandshaftov* [Application of an ecological and landscape approach to assessing the sustainability of agricultural landscapes]. In: *Sovremennoe landshaftno-ehkologicheskoe sostoyanie i problemy optimizatsii prirodnoi sredy regionov: materialy XIII Mezhdunarodnoi landshaftnoi konferentsii (Voronozh, 14-17 maya 2018 g.)* [The current landscape and ecological state and problems of optimizing the natural environment of the regions: materials of the XIII International Landscape Conference (Voronezh, May 14-17, 2018)]. Voronezh, Istoki Publ., vol. 2, pp. 182-184.
5. Surinov, A.V. (2022). Fertility dynamics of the forest-steppe zone's arable soils in the central chernozem region (on the example of the Prokhorovsky district of the Belgorod region). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 1043:012014. doi: 10.1088/1755-1315/1043/1/012014
6. Aparin, B.F., Zakharova, M.K. (2021). *Priznanie (k 175-letiyu so dnya rozhdeniya V.V. Dokuchaeva)* [Recognition (to the 175-th anniversary of the birth of V.V. Dokuchaev)]. *Bulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* [Dokuchaev soil bulletin], pp. 202-225.
7. Solovichenko, V.D. (2005). *Plodorodie i ratsional'noe ispol'zovanie pochv Belgorodskoi oblasti* [Fertility and rational use of soils of the Belgorod region]. Belgorod, Otchii krai Publ., 291 p.
8. Sokolov, M.S. (2019). *Ozdorovlenie pochvy i biologizatsiya zemledeliya — vazhneishie faktory optimizatsii ehkologicheskogo statusa agroregiona (Belgorodskii opyt)* [Soil improvement and biologization of agriculture are the most important factors in optimizing the ecological status of the agro-region (Belgorod experience)]. *Agrokhi-miya* [Agricultural chemistry], no. 11, pp. 3-16. doi: 10.1134/S0002188119110127. EDN OTEKOJ
9. Lukin, S.V. (2023). Monitoring of the Lead Content in Agroecosystems of the Central Black Earth Region of Russia. *Doklady Earth Sciences*, no. 510 (2), pp. 508-512. doi: 10.1134/S0002188119110127. EDN OTEKOJ
10. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (дата обращения: 29.11.2023).
11. Malysheva, E.S. (2021). Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring of soils. Bio web of conferences: *International Scientific and Practical Conference "Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture"* (FSRAABA 2021), Tyumen, July 19-20, 2021. Tyumen, EDP Sciences, p. 03016. EDN FCSJYG
12. Malysheva, E.S., Malyshev, A.V., Kostin, I.G. (2021). Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, June 20-21, 2021*. Ussurijsk, p. 032070. doi: 10.1088/1755-1315/937/3/032070
13. Kostin, I.G. Использование геоинформационных систем для анализа экологического состояния агроланд-

#### Информация об авторах:

**Суринов Артем Владимирович**, заведующий лабораторией агрохимического обследования Центра агрохимической службы «Белгородский», аспирант Белгородского государственного национального исследовательского университета, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-0083-5027>, [surinoff.2012@yandex.ru](mailto:surinoff.2012@yandex.ru)

**Четверикова Наталья Сергеевна**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией ГИС и картографии Центра агрохимической службы «Белгородский», ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5079-2349>, [chns-76@mail.ru](mailto:chns-76@mail.ru)

#### Information about the authors:

**Artyom V. Surinov**, head of the laboratory of agrochemical examination of the Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", postgraduate student of Belgorod State National Research University, ORCID: <http://orcid.org/0009-0002-0083-5027>, [surinoff.2012@yandex.ru](mailto:surinoff.2012@yandex.ru)

**Natalia S. Chetverikova**, candidate of biological sciences, head of the laboratory of GIS and cartography of the Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-5079-2349>, [chns-76@mail.ru](mailto:chns-76@mail.ru)

