

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО  
AGRONOMY, FORESTY AND WATER MANAGEMENT

Общее земледелие и растениеводство  
General Farming and Crop Production

Научная статья  
УДК 631.445.4:631.41(470.64)  
doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-8-15

Содержание марганца, кобальта, молибдена и меди  
в пахотных черноземах предгорной зоны КБР

Мурат Владимирович Кашукоев<sup>✉1</sup>, Марьяна Хажмусовна Маржохова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>2</sup>Институт сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», ул. Кирова, 224, Нальчик, Россия, 360024

<sup>✉1</sup>zemledelie14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2235-0477>

<sup>2</sup>marg.888@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4574-1235>

**Аннотация.** В статье представлены результаты агрохимических исследований, характеризующие содержание микроэлементов (марганец, кобальт, медь, молибден) в пахотных черноземах предгорной зоны КБР. Рассмотрены закономерности их распределения в почвенном профиле. Дана оценка нуждаемости пахотных черноземов в микроэлементных удобрениях. В образцах почв определяли: содержание подвижного молибдена методом Григга (ГОСТ Р 50689-94), марганца – по ГОСТ 50685-94, меди и кобальта – по ГОСТ Р 50683-94. Экстракцию проводили из отдельных навесок почв ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 в двукратной повторности. Количество подвижного марганца в выщелоченных и оподзоленных черноземах находится от 28,2 до 127,3 мг/кг в зависимости от гранулометрического состава почвы. Оподзоленные черноземы содержат больше активного марганца, чем выщелоченные, это является результатом более кислой реакции среды этих почв, что способствует восстановлению его до двухвалентного состояния. Обыкновенные черноземы, а также лугово-черноземные почвы содержат очень мало подвижного марганца (от 1,07 до 2,3 мг/кг почвы) вследствие перехода марганца из двухвалентного в четырех и семивалентный и выпадения его в осадок. Для черноземных почв характерно высокое содержание меди и особенно в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах. Исследованные почвы содержат от 0,8 до 3,9 мг/кг подвижных форм меди, т. е. обеспечены этим элементом высоко и не нуждаются в микроудобрениях, содержащих медь. Содержание подвижного кобальта в черноземах и лугово-черноземных почвах предгорной зоны КБР находится в пределах от 2,8 до 5,7 мг/кг, что характеризует их как богатые этим элементом почвы. Уровень содержания подвижных форм молибдена в черноземе выщелоченном (0,05-0,09 мг/кг) и оподзоленном (0,05 мг/кг) оценивается как низкий, поэтому целесообразно применять микроудобрения, в состав которых входит молибден. Превышение ПДК подвижных форм меди обнаружено в лугово-черноземной почве.

**Ключевые слова:** марганец, кобальт, молибден, медь, черноземы, предгорная зона КБР

*Для цитирования.* Кашукоев М. В., Маржохова М. Х. Содержание марганца, кобальта, молибдена и меди в пахотных черноземах предгорной зоны КБР // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 2(40). С. 8–15. doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-8-15

Original article

## The content of manganese, cobalt, molybdenum and copper in arable chernozems of the foothill zone of the KBR

Murat V. Kashukoev<sup>✉1</sup>, Maryana Kh. Marzhokhova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030

<sup>2</sup>Institute of Agriculture – branch of the Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", 224 Kirov Street, Nalchik, Russia, 360024

<sup>✉1</sup>zemledelie14@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2235-0477>

<sup>2</sup>marg.888@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4574-1235>

**Abstract.** The article presents the results characterizing the content of trace elements (manganese, cobalt, copper, molybdenum) in arable chernozems of the foothill zone of the KBR. The regularities of their distribution in the soil profile are considered. An assessment of the need for arable chernozems in microelement fertilizers is given. In soil samples, the content of mobile molybdenum was determined by the Grigg method (GOST R 50689-94), manganese – according to GOST 50685-94, copper and cobalt – according to GOST R 50683-94. Extraction was carried out from separate samples of soils with an ammonium acetate buffer solution with a pH of 4.8 in two repetitions. The amount of mobile manganese in leached and podzolized chernozems ranges from 28.2 to 127.3 mg/kg, depending on the granulometric composition of the soil. Podzolized chernozems contain more active manganese than leached chernozems; this is the result of a more acid reaction of the environment of these soils, which helps to restore it to a divalent state. Ordinary chernozems, as well as meadow chernozem soils, contain very little mobile manganese (from 1.07 to 2.3 mg/kg of soil) due to the transition of manganese from divalent to tetravalent and heptavalent and its precipitation. Chernozem soils are characterized by a high content of copper, and especially in the upper humus-accumulative horizons. The studied soils contain from 0.8 to 3.9 mg/kg of mobile forms of copper, i.e. are highly provided with this element and do not need microfertilizers containing copper. The content of mobile cobalt in chernozems and meadow-chernozem soils of the foothill zone of the KBR ranges from 2.8-5.7 mg/kg, which characterizes them as soils rich in this element. The level of content of mobile forms of molybdenum in leached chernozem (0.05-0.09 mg/kg) and podzolized (0.05 mg/kg) is estimated as low, so it is advisable to use microfertilizers, which include molybdenum. Exceeding the MPC of mobile forms of copper was found in the meadow-chernozem soil.

**Keywords:** manganese, cobalt, molybdenum, copper, chernozems, foothill zone of the KBR

**For citation.** Kashukoev M.V., Marzhokhova M.Kh. The content of manganese, cobalt, molybdenum and copper in arable chernozems of the foothill zone of the KBR. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;2(40):8–15. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-2-40-8-15

**Введение.** Несмотря на очень малое содержание микроэлементов в растительных тканях (тысячные и стотысячные доли процента), они являются незаменимыми элементами питания для нормального функционирования растений. Микроэлементы входят в состав ферментов и играют различные роли, выступая инициаторами и активаторами

биохимических процессов [1]. Это фундаментальное открытие позволило оценить физиологическую значимость микроэлементов и использовать на практике. Многолетний поиск ученых и практиков возможностей оптимизации питания растений определил значимость микроэлементов в формировании урожаев сельскохозяйственных культур [2–4]. Ос-

новая задача агрохимической науки – развитие теории минерального питания растений и разработка на этой основе более совершенных методов применения микроудобрений. Для реализации задачи необходимо: выработать принципы определения потребности сельскохозяйственного производства в удобрениях по почвенно-климатическим зонам с учетом их биогеохимических особенностей; установить предельно допустимые концентрации содержания макро- и микроэлементов в почвах и растениях; разработать более совершенные методы диагностики питания растений [1]. Решение такой глобальной задачи позволит не только повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и производить сбалансированную по минеральному составу продукцию растениеводства и животноводства. Со средствами химизации в почвы поступает незначительное количество микроэлементов. Отрицательный баланс и дефицит микроэлементов в почвах приводят к уменьшению поступления микроэлементов в сельскохозяйственные растения, что, в свою очередь, способствует ухудшению качества растениеводческой продукции [5]. За последние годы накоплено много сведений о содержании микроэлементов в различных типах почв России. Их наличие в черноземных почвах изучалось И. И. Сидоровой, О. А. Прядко, С. В. Есипенко (2007), С. В. Лукиным, Н. С. Четвериковой (2015), П. А. Чекмаревым (2015), С. В. Лукиным, С. В. Селюковой (2016), С. В. Лукиным (2018), О. А. Митрохиной (2020, 2021), Д. В. Жуйковым (2020).

**Цель исследования** – изучить содержание микроэлементов в профиле черноземов предгорной зоны КБР и оценить нуждаемость пахотных черноземных почв в микроэлементных удобрениях.

**Материалы, методы и объекты исследования.** В работе использованы материалы агрохимического обследования, проведенного за период 2020-2022 годы. Объект исследований – пахотные черноземы предгорной зоны КБР: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные и лугово-черноземные почвы. Почвенные разрезы были заложены на пашне разных административных районов КБР (Зольский, Баксанский, Чегемский, Урванский, Лескенский) по правой стороне от федеральной трассы Ростов-на-Дону–Баку.

Отбор образцов почв проводился из среднего десятисантиметрового слоя генетического горизонта. В образцах почв определяли: содержание подвижного молибдена методом Григга (ГОСТ Р 50689-94), марганца – по ГОСТ 50685-94, меди и кобальта – по ГОСТ Р 50683-94. Экстракцию проводили из отдельных навесок почв ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 в двукратной повторности – в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства».

**Результаты исследования.** Первые исследования на территории КБР по микроэлементам проводились в лаборатории КБ комплексной геологической экспедиции под руководством Б. Б. Черняхова (1960) в окрестностях г. Нальчика. По результатам анализа образцов почв (чернозем выщелоченный, чернозем типичный, лугово-черноземная почва) были сделаны выводы, что количество меди, цинка и свинца в почвах исследуемого участка в несколько раз превышает «нормальное» содержание этих элементов. Подобная аномальность связана с наличием в горных частях района полиметаллических и медно-колчеданных рудопроявлений, несущих эти элементы. В своем распределении по профилю почв микроэлементы концентрируются в иллювиальном горизонте. Их содержание здесь возрастает в 2-10 раз. При исследовании этих почв оказалось, что в этом горизонте максимальную концентрацию микроэлементов можно увязать с нейтральной (pH 7) реакцией среды и максимальной минерализацией 97-98%. На этой же глубине наблюдается наибольшая концентрация илисто-глинистой фракции, достигающей 30-40% [6].

Для оценки доступности микроэлементов растениям в сельскохозяйственной практике больший интерес представляет концентрация подвижных форм, чем их валовое содержание в почве. Установлен пороговый нижний уровень обеспеченности пахотных черноземов подвижными формами марганца, меди, кобальта и молибдена, который составляет соответственно менее 10,0; 0,2; 0,16; 0,10 мг/кг почвы (табл. 1). При достижении этих величин рекомендуется применять микроудобрения, содержащие соответствующие элементы.

**Таблица 1.** Группировка пахотных черноземов по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг [7]

**Table 1.** Grouping of arable chernozems according to the content of mobile forms of microelements, mg/kg [7]

Элемент	Предельно допустимые концентрации (ПДК)	Группировка по степени обеспеченности		
		низкое	среднее	высокое
Mn	140	<10,0	10,1-20,0	>20,0
Cu	3	<0,20	0,21-0,50	>0,50
Co	5	<0,16	0,17-0,30	>0,30
Mo	Не уст.	<0,10	0,11-0,23	>0,23

**Содержание марганца.** Количество общих запасов и усвояемых форм этого элемента в почвах подвержено большим колебаниям. Наибольшими величинами характеризуются кислые почвы. Большой размах содержания подвижных форм этого мик-

роэлемента в черноземах лесостепной зоны указывает на необходимость жесткой дифференциации при применении марганцевых удобрений в зависимости от почвенных условий земельного участка. В литературе [8, 9]

**Таблица 2.** Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах пашни предгорной зоны КБР, мг/кг

**Table 2.** The content of mobile forms of microelements in the soils of arable land in the foothill zone of the KBR, mg/kg

№ разреза, название почвы, географическое положение	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Mn	Cu	Co	Mo
15/2021, чернозем оподзоленный, с. Шалушка	A <sub>пах</sub>	0-20	138,7	2,0	2,8	0,05
	B <sub>1</sub>	42-52	81,3	2,0	2,0	0,08
	B <sub>2</sub>	70-80	80,7	2,0	1,6	0,08
21/2020, чернозем выщелоченный, с. Ст. Черек	A <sub>п</sub>	0-25	45,3	1,2	1,2	0,07
	B <sub>1</sub>	67-77	38,7	1,6	1,0	0,09
	BC	95-105	–	1,2	1,2	0,14
14/2021, чернозем выщелоченный, с. Чегем-2	A <sub>п</sub>	0-25	104,0	0,8	4,8	0,09
	A	25-35	81,3	1,2	3,6	0,11
	B <sub>1</sub>	62-72	56,3	1,2	2,0	0,17
9/2022, чернозем выщелоченный, с. Сармаково	A <sub>п</sub>	0-25	97,3	1,2	3,2	0,05
	A	28-38	52,0	2,0	1,6	0,08
	B <sub>1</sub>	50-60	52,0	1,6	1,2	0,20
24/2022, чернозем типичный, с. Куба-Таба	A <sub>п</sub>	0-25	120,7	1,2	4,0	2,3
	A	30-40	121,3	1,2	3,2	4,0
	B <sub>1</sub>	55-65	61,3	1,6	2,4	2,1
19/2020, чернозем обыкновенный, с. Ст. Черек	A <sub>п</sub>	0-25	3,1	1,3	5,7	5,62
	A	25-35	3,1	1,9	5,2	6,27
11/2020, чернозем обыкновенный, с. Аргудан	A <sub>п</sub>	0-25	1,6	1,1	2,9	4,15
	A	30-40	1,9	1,5	1,45	5,36
18/2021, лугово-черноземная, с. Нартан	A <sub>п</sub>	0-25	1,60	3,9	3,3	2,3
	A	28-38	1,04	2,1	4,3	1,5

приводятся сведения, характеризующие уровень содержания подвижного марганца в почве, обеспечивающего нормальное питание растений этим элементом в зависимости от условий почвенной среды: при рН 6,0 – около 25 мг/кг, при рН 6,0-6,5 – 50 мг/кг, при рН 6,5-7,0 – 70 мг/кг. Потребность растений в марганцевых удобрениях обычно наблюдается при рН 5,8 и выше, ниже этого значения рН потребность в них, как правило, удовлетворяется полностью самой почвой.

Как видно из таблицы 2, количество подвижного марганца в пахотном горизонте выщелоченных и оподзоленных черноземов колеблется от 45,3 до 138,7 мг/кг в зависимости от гранулометрического состава почвы. Оподзоленные черноземы содержат больше активного марганца, чем выщелоченные, это является результатом более кислой реакции среды этих почв, что способствует восстановлению его до двухвалентного состояния.

В распределении подвижных форм марганца по профилю почв в основном сохраняется закономерность взаимосвязи с содержанием гумуса в профиле почвы. Наибольшее абсолютное и относительное количество его наблюдается в горизонтах, богатых гумусом. В профиле чернозема типичного отмечается высокое содержание марганца еще и в горизонте В<sub>1</sub>. Обыкновенные черноземы, а также лугово-черноземные почвы содержат очень мало подвижного марганца (от 1,04 до 3,1 мг/кг почвы) вследствие перехода марганца из двухвалентного в четырех и семивалентный и выпадения его в осадок.

С учетом критических уровней содержания подвижного марганца оподзоленные и типичные черноземы можно отнести к почвам, достаточно обеспеченным марганцем, выщелоченные черноземы – к слабо нуждающимся в марганцевых удобрениях, обыкновенные и лугово-черноземные почвы – к сильно нуждающимся в марганцевых удобрениях.

**Содержание меди.** Элемент входит в состав окислительных ферментов и действие меди в окислительно-восстановительных реакциях является специфическим и не может быть заменен каким-либо другим элементом. Медь в растениях сосредоточена в хлоропластах и тесно связана с процессами фотосинтеза. И при этом элемент относится к категории наиболее токсичных тяжелых металлов,

которые при повышенных концентрациях «являются опасным фитотоксикантом и вызывают медьиндуцированный хлороз, поражение корневой системы, отравление растений, сопровождающееся снижением активности и биосинтеза некоторых ферментов, что приводит к ухудшению качества продукции и уменьшению урожайности» [10].

Для черноземных почв характерно высокое содержание меди и особенно в верхних гумусово-аккумулятивных горизонтах, обусловленная способностью меди образовывать комплексоны с органическим веществом. Профильное распределение меди связано с гумусным распределением и наблюдается обратная связь с реакцией почвенной среды (рН). Увеличение степени кислотности или применение физиологически кислых удобрений способствует увеличению содержания меди в почве. Практический интерес представляет установление минимального уровня содержания подвижных форм меди в почвах, ниже которого проявляется потребность сельскохозяйственных культур в медных удобрениях.

Ретроспективный анализ степени обеспеченности растений усвояемыми формами меди показывает, что в градации, предложенной Я. В. Пейве [8], к бедным относятся почвы с содержанием 0,3-1,5 мг/кг почвы. По современной оценочной шкале (табл. 1) при таком содержании подвижной меди почвы характеризуются как средне- и высокообеспеченные. Очень богатая медью почва в прошлом столетии должна была содержать >7 мг/кг почвы, в современной практике содержание 3 мг/кг почвы меди является значением ПДК. ПДК в почве – «это экспериментально обоснованная максимальная концентрация химического вещества, которая не должна оказывать прямого или опосредованного влияния на здоровье человека и самоочищающую способность почвы, которая обуславливает переход нормируемого вещества в контактирующие среды и сельскохозяйственные растения в количествах, не превышающих ПДК нормируемого вещества для этих сред»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Гигиенические нормативы: ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Москва: Технорматив, 2013. 16 с.

Исследованные нами почвы содержат от 0,8 до 3,9 мг/кг почвы подвижных форм меди (табл. 2). Из данных таблицы видно, что оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные черноземы обеспечены этим элементом высоко и не нуждаются в микроудобрениях. Содержание подвижной меди в лугово-черноземной почве превышает нормативное значение ПДК. Медь в агроценозы поступает с органическими удобрениями. Высокое содержание меди в лугово-черноземной почве объясняется внесением на поле с осени птичьего помета. Среднее содержание меди в соломопометном органическом удобрении – 151 мг/кг [11]. Следует также отметить некоторую тенденцию увеличения содержания как валовой, так и подвижной меди в зависимости от увеличения количества ила и физической глины.

**Содержание кобальта.** Почвообразующие породы оказывают влияние на содержание подвижного кобальта, так как основные изверженные породы более богаты кобальтом, чем кислые изверженные породы. Содержание подвижных форм в почве кобальта, по данным Я. В. Пейве [8], колеблется от 0,12 в подзолистых до 6 мг/кг в каштановых почвах. Также, как и для меди и марганца, растворимость кобальта с повышением рН среды падает, а при рН – 6,8 начинают выпадать его гидраты. Валовое содержание кобальта в черноземах и лугово-черноземных почвах предгорной зоны КБР колеблется от 0,01 до 0,0025%, т. е. от 10 до 2,5 мг/кг почвы, при содержании его в материнской породе от 10 до 20 мг/кг.

При содержании подвижного кобальта в пахотном горизонте от 1,2-5,7 мг/кг (табл. 2), черноземы и лугово-черноземные почвы предгорной зоны КБР относятся к богатым этим элементом почвам. Количество усвояемых форм зависит от его общего содержания и от величины рН: при повышении рН подвижность его снижается.

**Содержание молибдена.** Валовые формы этого элемента в почвах колеблются от 1,5 до 12 мг/кг почвы и для черноземов составляют 4,6 мг/кг почвы в среднем. Подвижные формы колеблются от 0,02 до 0,33 мг/кг в черноземах [12–14]. На подвижность молиб-

дена в почвах оказывает влияние реакция почвенной среды: в щелочной среде усиливается его подвижность, а в кислой среде он переходит в труднодоступные для растений соединения, что подтверждается нашими исследованиями (табл. 2). Минерализация органического вещества почвы также увеличивает количественное значение подвижной формы молибдена в почве. Поэтому все процессы, способствующие усилению разложения органического вещества, усиливают его подвижность.

Черноземы обыкновенные предгорной зоны КБР очень богаты подвижными формами молибдена (от 4,15 до 6,27 мг/кг почвы), что связано с большим содержанием валовых форм молибдена в горных породах. Лугово-черноземные почвы, с содержанием подвижного молибдена 2,3 мг/кг в пахотном горизонте, характеризуются как среднеобеспеченные. Черноземы выщелоченные и оподзоленные относятся к категории низкообеспеченных подвижными формами молибдена в пахотном горизонте (0,05-0,09 мг/кг почвы). Следовательно, многие районы бедны молибденом, и для получения сбалансированной по минеральному составу растениеводческой продукции необходимо использовать микроудобрения, содержащие молибден.

**Выводы.** Таким образом, с учетом уровня содержания подвижного марганца, оподзоленные и типичные черноземы относятся к почвам, достаточно обеспеченным марганцем, выщелоченные черноземы – к слабо нуждающимся в марганцевых удобрениях, обыкновенные и лугово-черноземные почвы – к сильно нуждающимся в марганцевых удобрениях. Пахотные черноземы предгорной зоны КБР характеризуются высокой обеспеченностью подвижными формами меди и кобальта и не нуждаются в микроудобрениях, содержащих эти микроэлементы. Уровень содержания подвижных форм молибдена в черноземе выщелоченном и оподзоленном оценивается как низкий, поэтому целесообразно применять микроудобрения, в состав которых входит молибден. Превышение ПДК подвижных форм меди обнаружено в лугово-черноземной почве.

Список литературы

1. Анспок П. И. Микроудобрения. Ленинград: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1990. 272 с.
2. Аристархов А. Н. и др. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур // *Агрохимия*. 2010. № 9. С. 36–42.
3. Закиров Э. Ш., Сагитова Р. Н., Гайсин И. А., Тихонова М. А. Влияние хелатных микроудобрений на урожайность и качественные характеристики растениеводческой продукции // *Агрохимический вестник*. 2014. № 4. С. 9–13.
4. Митрохина О. А. Содержание микроэлементов в почвах ЦЧР и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур // *Агрохимический вестник*. 2021. № 5. С. 40–45. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-008.
5. Жуйков Д. В. Мониторинг содержания микроэлементов (Mn, Zn, Co) в агроценозах юго-западной части центрально-черноземного района России // *Земледелие*. 2020. № 5. С. 9–13. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10503.
6. Черняхов Б. Б. Распределение основных микроэлементов в почвах окрестностей города Нальчика // *Ученые записки КБГУ*. Вып. 8. 1960.
7. Лукин С. В., Четверикова Н. С. Микроэлементы в черноземах: содержание, биогенная миграция, нормирование // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 6. С. 11–14.
8. Пейве Я. В. Агрохимия и биохимия микроэлементов. Москва: Наука, 1980. 430 с.
9. Жуйков Д. В. Мониторинг содержания марганца в агроценозах // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. №3. С. 19–22. DOI:10.24411/0235-2451-2019-10304.
10. Лукин С. В. Медь в агроценозах лесостепи ЦЧО // *Агрохимический вестник*. 2018. № 1. URL: Лукин С. В. Медь в агроценозах лесостепи ЦЧО // *Агрохимический вестник*. 2018. № 1. С. 16–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-00005.
11. Лукин С. В., Селюкова С. В. Агроэкологическая оценка влияния органических удобрений на микроэлементный состав почв // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 12. С. 61–65.
12. Чекмарев П. А. Агрохимическое состояние пахотных почв ЦЧО России // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 9. С. 17–20.
13. Сидорова И. И., Прядко О. А., Есипенко С. В. Влияние различных агротехнологий на валовое содержание тяжелых металлов в пахотном слое чернозема выщелоченного // *Научный журнал КубГАУ*. 2007. № 27. С. 365–373.
14. Хижняк Р. М. Молибден в пахотных черноземах Белгородской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 8. С. 36–37.

References

1. Anspok P.I. *Mikroudobreniya* [Microfertilizers]. Leningrad: Agropromizdat. Leningradskoe otdelenie, 1990. 272 p. (In Russ.)
2. Aristarkhov A.N. [et al.]. Effect of microfertilizers on productivity, protein collection, product quality of cereals and leguminous crops. *Agricultural Chemistry*. 2010;(9):36–42. (In Russ.)
3. Zakirov Je.Sh., Sagitova R.N., Gajsin I.A., Tikhonova M.A. Influence of chelate microfertilizers on yield and quality of plant production. *Agrochem herald*. 2014;(4):9–13. (In Russ.)
4. Mitrokhina O.A. Microelements concentration in soils of the cchr and it's influence on agricultural crops yield. *Agrochem herald*. 2021;(5):40–45. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-5-008. (In Russ.)
5. Zhuikov D.V. Monitoring of the content of trace elements (Mn, Zn, Co) in agrocenoses of the southwestern part of the central chernozem region of Russia. *Zemledelie*. 2020;5:9–13. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10503. (In Russ.)
6. Chernyakhov B.B. Distribution of the main microelements in the soils of the vicinity of the city of Nalchik. *Uchenye zapiski KBGU*. Issue. 8. 1960. (In Russ.)
7. Lukin S.V., Chetverikova N.S. Trace elements in chernozems: content, biogenic migration, rationing. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2015;(6):11–14. (In Russ.)
8. Pejve Ya.V. *Agrokhimiya i biokhimiya mikrojelementov* [Agrochemistry and biochemistry of trace elements]. Moscow: Nauka, 1980. 430 p. (In Russ.)
9. Zhujkov D.V. Monitoring of manganese content in agrocenoses. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2019;(3):19–22. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10304. (In Russ.)

10. Lukin S.V. Copper in agrocenoses of the forest-steppe of Central Chernozem federal district. *Agrochem herald*. 2018;(1):16–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-00005. (In Russ.)
11. Lukin S.V., Selyukova S.V. Agroecological assessment of the effect of organic fertilizers on the microelement composition of soils. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2016;(1):61–65. (In Russ.)
12. Chekmarev P.A. Agrochemical state of arable soils of the Central Chernobyl region of Russia. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2015;(9):17–20. (In Russ.)
13. Sidorova I.I., Pryadko O.A., Esipenko S.V. Influence of various agrotechnologies on the total content of heavy metals in the arable layer of black leached soil. *Scientific Journal of KubSAU*. 2007;(27):365–373. (In Russ.)
14. Khizhnyak R.M. Molybdenum in arable chernozems of the Belgorod region. *Achievements of science and technology in agribusiness*. 2013;(8):36–37. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторах

**Кашуков Мурат Владимирович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 6298-3409, Author ID: 340697, Scopus ID: 57203260647

**Маржохова Марьяна Хажмусовна** – младший научный сотрудник, Институт сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук», SPIN-код: 4335-7814, Author ID: 988376, Scopus ID: 57647979000

#### Information about the authors

**Murat V. Kashukoev** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-код: 6298-3409, Author ID: 340697, Scopus ID: 57203260647

**Mariana Kh. Marzhohova** – Junior Researcher, Institute of Agriculture – branch of Federal Scientific Center "Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", SPIN-код: 4335-7814, Author ID: 988376, Scopus ID: 57647979000

---

**Авторский вклад.** Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

---

Статья поступила в редакцию 21.03.2023;  
одобрена после рецензирования 17.04.2023;  
принята к публикации 25.04.2023.

The article was submitted 21.03.2023;  
approved after reviewing 17.04.2023;  
accepted for publication 25.04.2023.