

# Микроэлементы в почвах ЦЧО

**С.В. ЛУКИН, доктор сельскохозяйственных наук, директор**  
ФГБУ «ЦАС «Белгородский», ул. Щорса, 8, Белгород, 308027, Россия  
E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Исследования проводили с целью агроэкологической оценки содержания микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo, Mn, V) в пахотных почвах ЦЧО на примере Белгородской области. Работа выполнена на основании материалов сплошного агрохимического обследования пахотных почв и локального агроэкологического мониторинга. По результатам обследования к категории низкообеспеченных по содержанию в пахотном слое подвижных форм цинка относятся 99,2% пахотных земель, меди – 96,9, кобальта – 94,1, марганца – 54,4%. В процессе локального мониторинга выявлена высокая обеспеченность почв всех реперных участков подвижными формами бора и низкая обеспеченность почв 70% участков подвижными формами молибдена. Между средневзвешенным содержанием подвижных форм цинка по районам Белгородской области и кислотностью почвы ( $pH_{KCl}$ ) установлена обратная зависимость средней силы ( $r = -0,63$ ), концентрация подвижных форм меди, кобальта и марганца с величиной этого показателя практически не коррелирует ( $r < 0,3$ ). На основе анализа микроэлементного состава органических удобрений (навоз КРС, компост соломопётный, стоки навозные), фекалата, применяемого в качестве мелиоранта для кислых почв, и минеральных удобрений с учетом объемов их использования в регионе установлено, что главный источник поступления микроэлементов в агроценозы – органические удобрения. В 2014 г. поступление цинка с органическими удобрениями (в пересчете на навоз КРС) в среднем составляло 278 г/га, меди – 83,4, кобальта – 5,8, молибдена – 8,3 г/га, что существенно превосходит их вынос с урожая.

**Ключевые слова:** агрохимическое обследование, микроэлементы, мониторинг, органические удобрения, чернозём.

**Для цитирования:** Лукин С.В. Микроэлементы в почвах ЦЧО // Земледелие. 2015. №5. С. 26-28.

Проблема использования микроэлементов в сельском хозяйстве – важная часть теории и практики минерального питания растений. Научно-обоснованное применение микроудобрений позволяет не только повысить урожайность сельскохозяйственных культур, но и производить сбалансированные по составу продукты питания и корма.

Термин «микроэлементы» строго определенного толкования не имеет. К их числу относят химические элементы, obligатные для растительных и животных организмов, содержание которых измеряется величинами порядка 0,01-

0,00001%. Отдельные авторы относят элементы, содержащиеся в сухой массе растений в количестве 0,01-0,001%, к микроэлементам (Cu, Zn, Mn и др.), а менее 0,0001% – к ультрамикроэлементам (Cd, Hg, As и др.) [1]. Такое чисто количественное определение во многом условно, поэтому некоторые учёные предпочитают называть микроэлементами те элементы, которые служат инициаторами и активаторами биохимических процессов, без участия которых невозможна регулирующая роль ферментов [2].

Низкая обеспеченность почв подвижными формами многих микроэлементов – один из негативных факторов, отрицательно влияющих на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур. Причем эта проблема актуальна для многих регионов России. Например, все пахотные почвы Тамбовской области относятся к категории низкообеспеченных по содержанию подвижных форм меди и 95,4% – подвижных форм марганца [3]. В Ульяновской области 98,6% пахотных почв характеризуются низкой обеспеченностью подвижными формами цинка [4]. Подвижными формами кобальта и молибдена низкообеспечены соответственно 55,0 и 63,6% пахотных почв в Ярославской области, 30,6 и 17,1% – в Московской области, 69,0 и 68,0% – в Брянской области [5, 6, 7]. По отдельным районам Липецкой области доля почв низкообеспеченных подвижным марганцем составляет 50-56%, кобальтом – 38-59% [8]. Доля пахотных почв низкообеспеченных подвижными формами бора во Владимирской области составляет 64,9% [9].

Цель нашей работы – провести агроэкологическую оценку содержания микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo, Mn, V) в пахотных почвах ЦЧО (на примере Белгородской области).

Почвенный покров пашни Белгородской области в основном представлен чернозёмами: типичными (44,8%), выщелоченными (25,7%), обыкновенными (13%), солонцеватыми (3,6%), оподзоленными (1,9%) и остаточнo-карбонатными (1,1%). Серыми лесными почвами занято 6,2% пашни. На эродированные почвы приходится 47,9% общей площади пашни. Общая посевная площадь в 2014 г. составила 1440,9 тыс. га.

## 1. Динамика средневзвешенного содержания подвижных форм марганца и цинка в почвах Белгородской области, мг/кг

Показатель	Годы обследования				
	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
Подвижный марганец	17,5	12,1	9,75	9,20	10,34
Подвижный цинк	1,44	0,66	0,51	0,50	0,524

В статье использованы результаты сплошного агрохимического обследования пахотных почв (для цинка, меди, марганца и кобальта) и материалы локального агроэкологического мониторинга, проводимого на 20 реперных участках, почвенный покров которых представлен чернозёмами типичными и выщелоченными (для бора и молибдена).

Подвижный молибден определяли по методу Григга (ГОСТ Р 50689-94), бора – по методу Бергера и Трюга (ГОСТ 50688-94), цинка – по ГОСТ Р 50686-94, марганца – по ГОСТ 50685-94, меди и кобальта – по ГОСТ Р 50683-94. Валовое содержание микроэлементов в органических удобрениях определяли по общепринятым в агрохимической службе методикам.

При статистической обработке данных использовали расчёты доверительного интервала для среднего значения ( $\bar{x} \pm t_{05} s_{\bar{x}}$ ) и коэффициента вариации (V, %).

К основным факторам, от которых зависит количественное содержание микроэлементов в почвах, относятся их содержание в материнской породе, направленность и интенсивность процессов почвообразования, а также уровень антропогенного воздействия.

Фоновое содержание подвижных форм цинка, меди, кобальта, марганца, молибдена и бора в слое 10-20 см целинного чернозёма выщелоченного заповедника «Белогорье» (участок «Ямская степь») составляет соответственно 0,75, 0,19, 0,14, 10,9, 0,08 и 1,06 мг/кг. По современной оценочной шкале для пахотных почв такие величины этих показателей для цинка, меди, молибдена и кобальта соответствуют низкому уровню обеспеченности, марганца – среднему, а бора – высокому.

По данным сплошного агрохимического обследования, содержание подвижного цинка в почвах Белгородской области в последние годы снижалось. Средневзвешенная величина этого показателя в 1990-1994 гг. составляла 1,44 мг/кг; в 1995-1999 гг. – 0,66, в 2000-2004 гг. – 0,51, в 2005-2009 гг. – 0,5 мг/кг. Только в 2010-2014 гг. наметилась слабая тенденция к его росту до 0,52 мг/кг (табл. 1). По результатам последнего цикла обследования установлено, что 99,2% пахотных почв региона характеризуются низкой обеспеченностью (менее 2 мг/кг) подвижными формами цинка. Средние их запасы в пахотном слое составляют 1,59 кг/га. Наиболее чувствительные к недостатку цинка сельскохозяйственные культуры, широко культивируемые

## 2. Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм бора и молибдена в пахотных почвах реперных участков, мг/кг почвы

Глубина, см	$\bar{x} \pm t_{05} S_x$	lim	V, %
Подвижные формы бора			
0-20	1,46±0,22	0,71-2,47	32,1
21-40	1,50±0,22	0,74-2,46	32,0
41-60	1,41±0,20	0,66-2,54	31,1
61-80	1,24±0,22	0,44-2,22	38,4
81-100	1,22±0,23	0,28-2,26	40,0
Подвижные формы молибдена			
0-20	0,11±0,036	0,05-0,31	66,5
21-40	0,09±0,017	0,05-0,18	36,7
41-60	0,08±0,020	0,04-0,18	47,1
61-80	0,07±0,017	0,04-0,16	46,8
81-100	0,09±0,020	0,05-0,23	46,7

в области, – кукуруза и соя. В структуре посевных площадей в 2014 г. доля кукурузы составляла 15,3% (220,1 тыс. га), сои – 11,8% (170,4 тыс. га).

По результатам сплошного обследования 2010-2014 гг. установлено, что 96,9% пахотных почв региона характеризуются низкой обеспеченностью (менее 0,2 мг/кг) подвижными формами меди. Средневзвешенное их содержание составляет 0,114 мг/кг, а запасы в пахотном слое – 0,342 кг/га. На медьсодержащие удобрения хорошо отзываются многие сельскохозяйственные культуры (озимая пшеница, ячмень, сахарная свекла, подсолнечник, горох, травы, овощные культуры).

По содержанию подвижных форм кобальта к категории низкообеспеченных (менее 0,15 мг/кг) относятся 94,1% пахотных почв Белгородской области, среднеобеспеченных (0,16-0,30 мг/кг) – 5,8%. Доля высокообеспеченных (более 0,3 мг/кг) этим элементом почв не более 0,1%. Средневзвешенное содержание его подвижных форм в пахотном слое составляет 0,095 мг/кг, запасы – 0,285 кг/га.

По данным локального мониторинга, среднее содержание подвижных форм молибдена в пахотном слое реперных участков было равно 0,11 мг/кг (табл. 2), к категории низкообеспеченной (менее 0,1 мг/кг) относится почва 14 из них, среднеобеспеченной (0,11-0,3 мг/кг) – 3 и высокообеспеченной (более 0,3 мг/кг) – 3 реперных участков.

Молибден и кобальт играют большую роль в процессе фиксации бобовыми культурами атмосферного азота. В условиях взятого курса на биологизацию земледелия это становится особенно важным, поскольку в 2014 г. доля бобовых культур в структуре посевных площадей Белгородской области достигла 22,44% (323,3 тыс. га).

Среди причин низкой обеспеченности пахотных почв подвижной медью, цинком, кобальтом и молибденом можно выделить, по крайней мере, две. Во-первых, невысокое фоновое их содержание в целинных почвах. Во-вторых, отрицательный баланс в агроценозах, вызванный недостаточным уровнем использования органических удобрений на протяжении 1995-2009 гг.

Наиболее высокое средневзвешенное содержание подвижного марганца в почвах Белгородской области было установлено в 1990-1994 гг. – 17,4 мг/кг, а самое низкое (9,2 мг/кг) – в 2005-2009 гг. В 2010-2014 гг. наблюдали рост величины этого показателя до 10,34 мг/кг (табл. 1). На сегодняшний день низкая обеспеченность подвижными формами марганца (менее 10 мг/кг) характерна для 54,4% пахотных почв, средняя (10,1-20,0 мг/кг) – для 41,5% и только 4,1% почв относятся к категории высокообеспеченных (более 20 мг/кг). Средние запасы подвижного марганца в пахотном слое составляют 30,6 кг/га. Особенно требовательны к наличию этого элемента в почве злаки, свёкла, картофель.

По результатам локального мониторинга установлено, что среднее содержание подвижных форм бора в слое почв 0-20 см реперных участков составляет 1,46 мг/кг, на глубине 81-100 см – 1,22 мг/кг (табл. 2). Все обследованные почвы относятся к категории высокообеспеченных (более 0,7 мг/кг), что обусловлено высоким содержанием бора в почвообразующих породах.

## 3. Средневзвешенное содержание подвижных форм микроэлементов и значение величины $pH_{KCl}$ в почвах пашни административных районов Белгородской области (2010-2014 гг.)

Район	Средневзвешенное содержание подвижных форм микроэлементов, мг/кг				Средневзвешенное значение $pH_{KCl}$
	медь	цинк	кобальт	марганец	
Алексеевский	0,143	0,487	0,131	10,9	6,3
Белгородский	0,110	0,628	0,076	12,68	5,5
Борисовский	0,085	0,772	0,080	9,06	5,2
Валуйский	0,080	0,459	0,071	8,61	6,2
Вейделевский	0,128	0,520	0,106	8,92	6,3
Волоконовский	0,131	0,500	0,101	14,84	5,9
Грайворонский	0,108	0,577	0,100	16,62	5,3
Губкинский	0,137	0,449	0,125	10,14	5,5
Ивнянский	0,071	0,605	0,068	10,41	5,3
Корочанский	0,098	0,521	0,083	11,94	5,5
Красненский	0,145	0,431	0,110	5,72	6,0
Красногвардейский	0,093	0,438	0,073	12,18	6,0
Краснояружский	0,127	0,580	0,104	7,19	5,4
Новооскольский	0,116	0,416	0,111	9,68	5,8
Прохоровский	0,132	0,578	0,094	9,81	5,3
Ракитянский	0,118	0,657	0,105	10,52	5,6
Ровенский	0,115	0,392	0,089	6,69	6,6
Старооскольский	0,101	0,413	0,084	10,26	5,8
Чернянский	0,106	0,599	0,086	9,43	5,7
Шебекинский	0,106	0,653	0,092	9,55	5,5
Яковлевский	0,103	0,452	0,078	9,20	5,4

Установлена обратная зависимость средней силы ( $r=-0,63$ ) между средневзвешенным содержанием подвижных форм цинка по районам Белгородской области и кислотностью почвы ( $pH_{KCl}$ ). Содержание подвижных форм меди, кобальта и марганца с величиной этого показателя практически не коррелировало ( $r<0,3$ ) (табл. 3).

Уровень предельно допустимой концентрации (ПДК), установленный для агроэкологического нормирования содержания подвижных форм цинка в почвах, равен 23 мг/кг, меди – 3, кобальта – 5, марганца – 140 мг/кг. Пахотных почв с его превышением на территории области никогда не выявляли. ПДК для подвижных форм молибдена и бора не нормируются.

Для устранения дефицита микроэлементов целесообразно применять соответствующие удобрения. Как правило, современные хелатные комплексные микроудобрений рекомендуют использовать для обработки семян и внекорневой подкормки растений, а не для внесения в почву. Статистический учет использования сельхозпроизводителями микроудобрений не проводится, поэтому сложно оценить масштабы их применения.

Один из основных источников поступления микроэлементов в агроценозы – органические удобрения. В Белгородской области минимальный уровень их применения (0,9 т/га) отмечен в 2005 и 2006 гг., а максимальный (8,34 т/га) был достигнут в 2014 г. Используемые органические удобрения сильно отличаются по содержанию и соотношению макро- и микроэлементов. Например, для внесения дозы 100 кг азота требуется около 3,3 т компоста соломопомётного, или 13,2 т навоза КРС,

**Таблица 4. Вариационно-статистические показатели содержания микроэлементов в органических удобрениях, мг/кг**

Вариационно-статистические показатели	Zn	Cu	Co	Mn	Mo
Стоки навозные (2,22% сухого вещества)					
$\bar{x} \pm t_{0,05} S_{\bar{x}}$	55,3±10,4	8,24±1,54	0,145±0,02	3,3±0,5	0,067±0,017
lim	16,7-93,7	3,96-15,26	0,090-0,260	1,9-5,8	0,025-0,164
V, %	40,1	40,0	29,7	33,1	53,2
Компост соломопомётный (56% сухого вещества)					
$\bar{x} \pm t_{0,05} S_{\bar{x}}$	269±46,6	151±23,6	1,76±0,26	128±84	1,85±0,52
lim	143-485	50,2-210	0,850-2,85	70-191	0,26-3,52
V, %	37,1	33,5	31,3	47,0	59,7
Навоз КРС (44% сухого вещества)					
$\bar{x} \pm t_{0,05} S_{\bar{x}}$	33,3±7,5	10,0±1,8	0,697±0,152	78,6±14	1,00±0,26
Lim	15,2-62,3	4,40-19,6	0,149-1,190	22-136	0,31-2,49
V, %	48,2	37,7	46,8	38,3	55,0
Дефекат (87% сухого вещества)					
$\bar{x} \pm t_{0,05} S_{\bar{x}}$	30,9±7,3	8,40±2,4	3,00±0,7	152±63	0,85±0,15
Lim	20,7-51,4	2,10-12,5	0,760-5,48	63-285	0,41-1,54
V, %	31,4	40,1	49,7	58,8	37,6

или 47,6 т стоков навозных. С таким количеством органических удобрений в почву поступает соответственно 888, 440 и 2632 г цинка, 498, 132, 392 г меди, 5,8, 9,2, 6,9 г кобальта, 6, 1, 13,2, 3,2 г молибдена, 422, 1038 и 157 г марганца (табл. 4).

Средний вынос наиболее дефицитных в почвах Белгородской области микроэлементов – цинка, меди, кобальта и молибдена – с хозяйственно ценной частью урожая в агроценозах оценивается соответственно в 131,5, 39,5, 2,75 и 3,95 г/га в год [10]. В 2014 г. с органическими удобрениями (в пересчете на навоз КРС) поступление цинка в среднем составляло 278 г/га, меди – 83,4, кобальта – 5,8, молибдена – 8,3 г/га, что существенно превосходит их вынос.

Наиболее распространённые минеральные удобрения содержат крайне мало микроэлементов. Например, концентрация цинка, меди, кобальта, марганца и молибдена в аммиачной селитре составляет соответственно 5,93, 0,36, 0,26, 0,88 и 0,06 мг/кг, а в азофоске – 4,29, 1,71, 0,18, 11,0 и 0,06 мг/кг.

В последние 5 лет значимым источником поступления микроэлементов в почву стал основной мелиорант, используемый в Белгородской области, – дефекат. До начала реализации региональной программы известкования кислых почв в 2010 г. его практически не использовали, а хранение этого побочного продукта сахарного производства создавало много проблем, в том числе экологического плана. В 2014 г. было внесено 967 тыс. т мелиоранта на площади 80,4 тыс. га. Со средней дозой дефеката (12 т/га) в почву попадает 371 г валового цинка, 101 г меди, 36 г кобальта, 1824 г марганца, 10,2 г молибдена. Однако его внесение, приводя к незначительному увеличению валового содержания микроэлементов, как правило, сопровождается снижением концентрации в почве подвижных форм цинка, меди, марганца, кобальта из-за образования их нерастворимых

карбонатов. Содержание подвижных форм молибдена при известковании может повыситься.

Таким образом, по результатам агрохимического обследования установлено, что к категории низкообеспеченных по содержанию в пахотном слое подвижных форм цинка относятся 99,2% пахотных почв, меди – 96,9, кобальта – 94,1, марганца – 54,4%. В процессе локального мониторинга выявлена высокая обеспеченность почв всех реперных участков подвижными формами бора и низкая обеспеченность почв 70% участков подвижными формами молибдена. Основной источник поступления микроэлементов в агроценозы – органические удобрения.

#### Литература.

1. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Прокопенко В.В. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. 404 с.
2. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с.
3. Юмашев Н.П., Трунов И.А. Почвы Тамбовской области. Мичуринск-Наукоград РФ: Изд-во Мичурин. гос. агр. ун-та, 2006. 216 с.
4. Черкасов Е.А. Микроэлементы в почвах Ульяновской области и эффективность микроэлементосодержащих удобрений в полевых агроценозах: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук. Саранск: Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2014. 18 с.
5. Соловьёв В.М. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Ярославской области // Агрохимический вестник. 2006. №6. С. 8–9.
6. Курганова Е.В. Плодородие и продуктивность почв Московской области. М.: Изд-во МГУ, 2002. 320 с.
7. Прудников П.В. Состояние почвенного плодородия в Брянской области // Агрохимический вестник. 2003. №5. С. 5–8.
8. Сискевич Ю.И. Агрохимический мониторинг при кадастровой оценке

пахотных земель в зонах интенсивного земледелия. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Воронеж, 2007. 22 с.

9. Баринов В.Н. Эколого-агрохимическая оценка состояния плодородия пахотных почв Владимирской области // Агрохимический вестник. 2003. №1. С. 18–21.

10. Хижняк Р.М. Экологическая оценка содержания микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo, Cr, Ni) в агроэкосистемах лесостепной зоны юго-западной части ЦЧО. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: ВГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. 24 с.

## Trace elements in soils of the Central Black Earth region

S.V. Lukin

FSBI «Center of Agrochemical Service «Belgorodsky», Shchorsa str., 8, Belgorod, 308027, Russia

**Summary.** The aim of the investigation was to evaluate the content of trace elements (Zn, Cu, Co, Mn, B) with respect to agroecology in arable lands of the Central Black Earth region by the example of Belgorod region. The work was carried out on the basis of the total agrochemical survey of arable lands and the local agro-ecological monitoring. According to the results of agrochemical survey 99.2% of soils were pertained to the category of soils, which were low provided with mobile forms of zinc in the arable layer; for copper, cobalt and manganese these shares were 96.9, 94.1 and 54.4%, correspondingly. During the process of the local monitoring the high provision of soils from all reference plots with mobile forms of boron and low supply of 70% of soils by mobile forms of molybdenum were revealed. The inverse relation of the mean force ( $r = -0.63$ ) between the average weighted content of mobile forms of zinc in districts of Belgorod regions and soil acidity was determined. The content of mobile forms of copper, cobalt and manganese practically does not correlate with the value of this index ( $r < 0.3$ ). On the basis of the analysis of microelement composition of organic fertilizers (cattle manure, straw-dung compost, liquid manure), defecation residues, used as an ameliorant for acid soils, and mineral fertilizers, taking into account the volumes of their use in the region, it was established, that the main source of trace elements for agrocoenosis is organic fertilizers. In 2014 the input of zinc with organic fertilizers (in the conversion to cattle manure) averaged 278 g/ha, copper – 83.4 g/ha, cobalt – 5.8 g/ha, molybdenum – 8.3 g/ha, which essentially exceeded their removal with the harvests.

**Keywords:** agrochemical survey, trace elements, monitoring, organic fertilizers, black earth.

**Author Details:** S.V. Lukin, Dr. Sc. (Agr.), Director (e-mail: serg.lukin2010@yandex.ru)

**For citation:** Lukin S.V. Trace elements in soils of the Central Black Earth region. Zemledele. 2015. №5. pp. 26–28 (in Russ.)