

УДК 632.122.1:546.47:631.445.24:631.445.41:633.16

СВИНЕЦ В АГРОЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЦЧО**¹Четверикова Н.С., ²Марциневская Л.В.**¹ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород, e-mail: chns-76@mail.ru;²ГОУ ВПО «Белгородский национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: martsinevskaya@bsu.edu.ru

Проведена агроэкологическая оценка содержания свинца в органических и минеральных удобрениях, пахотных почвах, сельскохозяйственных культурах. Рассчитан коэффициент биологического поглощения этого элемента растениями озимой пшеницы и ячменя. Проанализированы закономерности его биогеохимической миграции в профиле пахотных почв. Установлено что среднее валовое содержание свинца в пахотном слое почв составляет 10,4 мг/кг и с увеличением глубины достоверно снижается. Среднее содержание подвижных форм этого металла в пахотном слое составляет 1,14 мг/кг. Содержание свинца в изучаемых почвах не представляет опасности для производства экологически безопасной растениеводческой продукции.

Ключевые слова: свинец, кларк, коэффициент биологического поглощения, мониторинг, тяжёлые металлы, чернозём

PLUMBUM IN AGRICULTURAL LANDSCAPES FOREST-STEPPE ZONE OF CENTRAL CHERNOZEM REGION**¹Chetverikova N.S., ²Martsinevskaya L.V.**¹ASBI «Center of Agrochemical Service «Belgorodsky», Belgorod, e-mail: chns-76@mail.ru;²Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: martsinevskaya@bsu.edu.ru

We spent the agro-ecological assessment of plumbum content in organic and mineral fertilizers, arable soils, crops. We have calculated the rate of biological uptake of this element by plants of winter wheat and barley were analyzed patterns of its biogeochemical migration profile of arable soils. Found that the average total content of plumbum in the arable layer of soil is 10.4 mg / kg and with increasing depth was significantly reduced. The average content of mobile forms of this metal in the plow layer is 1.14 mg / kg. The plumbum content in the studied soils is not dangerous for the production of environmentally friendly crop production.

Keywords: plumbum, clark, the absorption coefficient of biological monitoring, heavy metal, chernozem

Свинец является одним из наиболее токсичных тяжелых металлов (ТМ). Считается, что до 85% этого металла в организм человека поступает с продуктами питания. При этом около 90% общего количества свинца в человеческом теле находится в костях. Свинец вызывает хронические отравления с весьма разнообразными клиническими проявлениями, поражает центральную и периферическую нервную систему, костный мозг и кровь, сосуды, нарушает синтез белка и генетический аппарат клетки, оказывает эмбриотоксическое действие. При тяжёлой форме свинцового отравления (сатурнизме) возникают малокровие, энцефалопатия, паралич. Свинцовое отравление занимает первое место среди профессиональных интоксикаций [2].

В природных условиях свинец присутствует во всех видах растений, однако его роль в метаболизме выявить не удается. Взаимодействие свинца с другими элементами в различных условиях среды не позволяет точно определить его токсичные для жизненных процессов концентрации. В то же время описаны эффекты торможения метаболизма растений при низких концентра-

циях свинца. Повышенные его концентрации в почве снижают содержание жизненно необходимых макроэлементов в растениях. В ряде работ описано токсичное действие свинца на фотосинтез, дыхание, митоз и водный обмен, но при этом специфических симптомов свинцового токсикоза у растений не установлено [10].

Антропогенные источники поступления свинца в почвы: выбросы металлургических предприятий, автомобильный транспорт, осадки коммунальных и промышленных сточных вод. Загрязнение природной среды свинцом происходит при сжигании бензина (60%), производстве цветных металлов (22%), железа, стали и ферросплавов – 11% [3].

Уровень загрязнения растениеводческой продукции ТМ оценивают на основе утвержденных МДУ для кормов и ДУ для продовольственного сырья и пищевых продуктов. МДУ свинца превосходят соответствующие значения ДУ в десять раз.

Цель работы – провести агроэкологическую оценку содержания свинца в удобрениях, растениеводческой продукции и пахотных почвах лесостепной зоны Центрально-Черноземных областей (ЦЧО).

Материалы и методы исследования

Исследования проводили на двадцати реперных объектах, расположенных в Ивнянском районе Белгородской области, входящем в лесостепную зону ЦЧО. Почвенный покров представлен черноземами типичными и выщелоченными. Средневзвешенное содержание органического вещества в пахотном слое изучаемых почв составляет 5,4%, $pH_{\text{сол}} - 5,25$, Содержание подвижных форм фосфора (по Чирикову) составляет 123 мг/кг, подвижных форм калия – 106 мг/кг [5, 6].

Валовое содержание свинца и концентрацию подвижных форм этого элемента (извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8) определяли в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства».

При статистической обработке данных локального мониторинга использовали расчеты доверительного интервала для среднего значения ($\bar{x} \pm t_{0,5} s \bar{x}$) и коэффициента вариации ($V, \%$).

Для характеристики избирательного поглощения тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами, применяли коэффициент биологического поглощения (КБП), который рассчитывается как отношение содержания элемента в золе растения к его содержанию в пахотном слое почвы. Содержание

зола в абсолютно сухом веществе зерна пшеницы составляет в среднем 1,7%, в соломе – 7,2%, в зерне ячменя – 2,8%, в соломе – 7,3%.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обследования растениеводческой продукции произведенной на территории Ивнянского района установлено, что свинец в основном накапливается в побочной продукции зерновых культур. Аналогичная закономерность характерна для наиболее токсичных ТМ, например кадмия [4, 7]. Среднее содержание свинца в зерне озимой пшеницы составляло $0,34 \pm 0,018$, в зерне ячменя – $0,27 \pm 0,019$ мг/кг, а в побочной продукции этих культур содержание этого элемента было выше, соответственно, в 3,8 и 6 раз. Свинец можно охарактеризовать как элемент высокой интенсивности поглощения, так как величина КБП была, в основном, более 1, только для зерна ячменя величина КБП была менее 1 (табл. 1).

Таблица 1

Содержание свинца в сельскохозяйственных культурах, мг/кг абсолютно сухого вещества

Сельскохозяйственная культура	ДУ	МДУ	$\bar{x} \pm t_{0,5} s \bar{x}$	lim	$V, \%$	КБП	
Озимая пшеница	зерно	0,58	5,8	$0,34 \pm 0,018$	0,26-0,41	11,6	1,9
	солома	–	6,0	$1,28 \pm 0,035$	1,17-1,51	5,9	1,7
Ячмень	зерно	0,58	5,8	$0,27 \pm 0,019$	0,22-0,37	14,8	0,9
	солома	–	6,0	$1,63 \pm 0,024$	1,02-3,18	31,9	2,1

Вынос свинца с урожаем зерна озимой пшеницы в 3,5 т/га составляет 1,02 г/га (с учётом соломы – 6,66 г/га), с урожаем зерна ячменя в 3 т/га – 0,7 г/га (с учётом соломы – 5,63 г/га).

В Белгородской области нет крупных стационарных источников выбросов и сбросов свинца, к которым относят предприятия цветной металлургии, стекольные и аккумуляторные заводы. Поступления свинца в окружающую среду с автомобильной эмиссией распространяется на расстояние до 50 м от крупных дорог. Основными источниками поступления ТМ в агроценозы Ивнянского района являются органические удобрения. В Белгородской области среднее содержание свинца в органических удобрениях следующее: навоз КРС (60% влаги) – 2,34, компост соломопомётный (45% влаги) – 1,43, стоки навозные (98% влаги) – 0,27 мг/кг. В аммиачной селитре содержится 0,16, в азофоске (16:16:16) – 0,24 мг/кг свинца. В 2006-2010 гг. средняя доза внесения органических удобрений составила 2,2 т/га и с ней вноси-

лось в почву 5,1 г/га свинца. Доза минеральных удобрений составляла $N_{70}P_{16}K_{16}$, что соответствует внесению 100 кг/га азофоски и 160 кг/га аммиачной селитры. С минеральными удобрениями в почву поступало свинца в среднем 0,05 г/га. В сумме с органическими и минеральными удобрениями свинца поступало в почву 5,15 г/га. Потери свинца в результате смыва в среднем составляли 12,1 г/га, что существенно превышало размеры поступления этого ТМ с удобрениями.

Свинец в почвах содержится в концентрациях обусловленных, как правило, наличием элемента в почвообразующих породах. Его миграция и конечное распределение в почвенном профиле происходит под действием факторов почвообразования и обусловлены интенсивностью биологического круговорота элемента. Свинец хорошо сорбируется почвенно-поглощающим комплексом почвы и с трудом вытесняется другими элементами. Сорбционные процессы удержания этого элемента почвами в значительной мере определяются содержанием

в них органического вещества и глинистых минералов, однако ведущая роль принадлежит органическому веществу.

Потенциальная опасность интоксикации почв соединениями свинца наиболее высока для ассоциации сильноокислых почв с периодически восстановительным режимом. Она значительно меньше для ассоциации слабоокислых почв с окислительным режимом. Наименее опасно загрязнение свинцом слабощелочных и щелочных почв, где его подвижность минимальна.

Кларк свинца в почве по Виноградову составляет 10 мг/кг. В почвах Русской равнины фоновое содержание этого ТМ изменяется от 2,6 до 43 мг/кг. Фоновый уровень валового содержания свинца для каштановых почв Ростовской области составляет 27, для чернозёмов – 21 мг/кг. В Ставропольском крае среднее валовое содержание свинца в пахотном слое чернозёмов типичных составляет 15,0, чернозёмов обыкновенных – 15,0, чернозёмов южных – 13,0, чернозёмов выщелоченных – 17,0 мг/кг [1, 10].

Заповедные почвы Белгородской области содержат в верхнем горизонте валового свинца в пределах 13,0-16,7 мг/кг, что выше кларка, установленного Виноградовым [8].

По данным сплошного агрохимического обследования пахотных почв области установлено, что на песчаных почвах средневзвешенное валовое содержание свинца составляет 9,48 мг/кг, на глинистых почвах с $pH_{KCl} < 5,5$ оно увеличивается в 1,45 раза и составляет 13,7 мг/кг, а на глинистых почвах с $pH_{KCl} > 5,5$ возрастает в 1,55 раза – до 14,7 мг/кг.

Для почв Борисовского, Грайворонского, Краснояржского, Ракитянского районов характерно пониженное содержание валового свинца (менее 13 мг/кг). Низкий уровень содержания свинца в этом случае обусловлен небольшим содержанием элемента в почвообразующих породах (суглинистых и супесчаных аллювиально-делювиальных отложениях).

Наибольшие концентрации элемента (16,6-17,2 мг/кг) приурочены к территориям Среднерусской лесостепной и степной провинций (Ровеньский, Новооскольский, Волоконовский районы), почвы которых отличаются высоким содержанием органического вещества и глинистых минералов, способствующих сорбции свинца [7, 9].

В пахотных почвах Ивнянского района среднее валовое содержание свинца в слое 0-20 см составляет $10,4 \pm 0,6$ мг/кг. С увеличением глубины величина данного показателя существенно снижается. Видимо, для данного элемента характерно биофильное накопление в гумусовом горизонте, так как значительное содержание гумуса способствует образованию нерастворимых гуматов ТМ (табл. 2).

Фоновое содержание подвижных форм свинца (извлекаемых ААБ с pH 4,8) в верхнем горизонте заповедных почв составляет 1,10-1,47 мг/кг, что даже выше, чем среднее содержание подвижных форм этого элемента в пахотных почвах реперных участков Ивнянского района ($1,14 \pm 0,05$ мг/кг). С увеличением глубины почвенного профиля концентрация подвижных форм свинца снижалась.

Таблица 2

Содержание свинца в почвах, мг/кг

Глубина, см	$\bar{x} \pm t_{0,5} s \bar{x}$	lim	V, %
Валовое содержание			
0-20	$10,4 \pm 0,6$	8,2-14,5	13,1
21-40	$9,8 \pm 0,5$	7,4-11,3	10,6
41-60	$9,2 \pm 0,5$	6,6-11,3	12,2
61-80	$8,7 \pm 0,5$	6,5-10,5	12,9
81-100	$8,3 \pm 0,8$	4,0-10,3	21,6
Содержание подвижных форм			
0-20	$1,14 \pm 0,05$	0,97-1,40	9,5
21-40	$1,14 \pm 0,06$	0,96-1,31	10,4
41-60	$1,09 \pm 0,04$	0,99-1,35	6,9
61-80	$0,98 \pm 0,06$	0,65-1,16	13,7
81-100	$0,98 \pm 0,05$	0,80-1,16	11,3

В почвах Ивнянского района не отмечено превышения ориентировочно допустимой концентрации этого элемента, которая в суглинистых и глинистых почвах с $pH_{KCl} < 5,5$ составляет 65 мг/кг, а в почвах с $pH_{KCl} > 5,5$ – 130 мг/кг. Также не наблюда-

лось превышения предельно допустимой концентрации подвижного свинца в почвах (6 мг/кг).

Закключение. Основным источником поступления свинца в изучаемые агроценозы являются органические удобрения. В со-

временных условиях размеры поступления этого ТМ с удобрениями незначительны и не превышают размеров его отчуждения в результате смыва почвы.

Региональный кларк валового содержания свинца в пахотных почвах Ивнянского района составляет 10,4 мг/кг. С увеличением глубины почвенного профиля от 0-20 до 81-100 см валовое содержание свинца достоверно снижалось. Среднее содержание подвижных форм этого металла в пахотном слое составляет 1,14 мг/кг. Содержание свинца в изучаемых почвах не представляет опасности для производства экологически безопасной растениеводческой продукции.

Список литературы

1. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: АН СССР, 1957.
2. Доклад о свинцовом загрязнении окружающей среды Российской Федерации и его влиянии на здоровье населения / Документ Государственного комитета РФ по охране окружающей среды // Спец. выпуск газеты «Зеленый мир». – 1997. – № 5. – С. 4-16.
3. Зырин Н.Г., Садовникова Л.К. Химия тяжёлых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
4. Лукин С.В., Явтушенко В.Е., Солдат И.Е. Накопление кадмия в сельскохозяйственных культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы // *Агрохимия*. 2000. – № 2. – С. 73.
5. Лукин С.В., Авраменко П.М. Закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах Белгородской области // *Агрохимия*. – 2007. – № 6. – С. 22-26.
6. Лукин С.В. Содержание органического вещества в пахотных почвах Белгородской области // *Достижения науки и техники АПК*. – 2010. – № 4. – С. 44-45.
7. Лукин С.В. Мониторинг содержания микроэлементов Zn, Cu, Mo, Co, Pb, Cd, As, Hg в пахотных черноземах юго-запада Центрально-Черноземной зоны // *Агрохимия*. – 2012. – № 11. – С. 52-59.
8. Лукин С.В., Соловichenко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» // *Достижения науки и техники АПК*. – 2008. – № 8. – С. 15-17.
9. Лукин С.В., Авраменко П.М. Микроэлементы в почвах Белгородской области // *Земледелие*. – 2008. – № 7. – С. 21-22.
10. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Эко-токсикологические аспекты загрязнения почв тяжёлыми металлами. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.