

УДК 631.8:546.815:89

UDC 631.8:546.815:89

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

**СОДЕРЖАНИЕ И ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ  
СВИНЦА В ЧЕРНОЗЕМЕ  
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО  
ПРЕДКАВКАЗЬЯ В УСЛОВИЯХ  
АГРОГЕНЕЗА**

**THE CONTENTS AND FORMS OF LEAD  
COMPOUNDS IN LEACHED CHERNOZEM  
OF THE WESTERN CISCAUCASIA IN TERMS  
OF AGRICULTURAL SOIL GENESIS**

Шеуджен Асхад Хазретович  
д.б.н., профессор, академик. РАН, зав. кафедрой  
агрохимии, SPIN-код: 9370-9411

Sheudzhen Askhad Khazretovich  
Dr.Sci.Biol., professor, academician of RAS, head of the  
Agrochemistry department, SPIN-code: 9370-9411

Бондарева Татьяна Николаевна  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 5621-0334

Bondareva Tatyana Nikolaevna  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 5621-0334

Суетов Виктор Павлович  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 6509-4340

Syetov Victor Pavlovich  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 6509-4340

Лебедевский Иван Анатольевич  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 5306-5690

Lebedovsky Ivan Anatolevich  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 5306-5690

Осипов Михаил Алексеевич  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 9010-8645

Osipov Mikhail Alexeevich  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 9010-8645

Безсонов Владимир Олегович  
аспирант  
*ФГБОУ ВО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Bezsonov Vladimir Olegovich  
post-graduate student  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Содержание свинца в почвах определяется, прежде всего, региональными факторами: составом почвообразующих пород, рельефом местности, климатом, растительным покровом. В последнее время к перечисленным факторам прибавился антропогенный источник поступления элемента. Чтобы оценить его влияние, необходимо знание естественных, т. е. фоновых уровней содержания свинца, так называемых точек отсчета, по которым впоследствии можно будет следить за изменениями, происходящими в почвах. Под фоновым, подразумевается содержание элемента в почвах на большом удалении от районов поступления загрязнений. Фоновое содержание свинца в каждом типе почв зависит главным образом от состава почвообразующих пород. Коэффициент корреляции между содержанием свинца в почвообразующих породах и почвах при фоновом содержании равен  $0,86 \pm 0,17$  при  $r=0,95$ . Для каждого типа почв характерны незначительные колебания в содержании свинца, обусловленные составом почвообразующих пород. Концентрации свинца в почвах увеличиваются за счет его поступления из атмосферы, с орошаемой водой, при дренаже горнорудных разработок, в результате

The contents of lead in soils are primarily determined by regional factors: the composition of parent rocks, relief, climate, vegetation. In recent years, these factors have increased the anthropogenic source of element. In order to assess its impact, requires knowledge of the natural, i.e., background lead levels, the so-called reference points, which can later be used to monitor changes occurring in the soil. Under background refers to the content of the element in soils at a great distance from the areas of receipt of contamination. Background content of lead in each type of soil depends mainly on composition of parent rocks. The correlation coefficient between the content of lead in parent rocks and soils, with the background contents is equal to  $0,86 \pm 0,17$  at  $p=0,95$ . For each soil type there are low variations in lead content due to the composition of parent rocks. Lead concentrations in the soils increased at the expense of its receipt from the atmosphere, irrigation water, drainage during mining, as a result of agricultural use, lead containing chemicals. Comparing the obtained results with existing currently permissible concentrations (APC, MPC) it is necessary to note that the lead content in leached chernozem soil after three rotations of the rotation may not cause any pathological changes

использования в сельском хозяйстве свинец содержащих химикатов. Сравнивая полученные результаты с существующими в настоящее время допустимыми концентрациями (ОДК, ПДК) необходимо отметить, что содержание свинца в черноземе выщелоченном после трех ротаций севооборота не может вызвать каких-либо патологических изменений или аномалий в ходе биологических процессов и привести к накоплению в сельскохозяйственных растениях, а, следовательно, не может нарушить биологический оптимум

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, СЕВООБОРОТ, СВИНЕЦ

or anomalies in the course of biological processes and lead to accumulation in the agricultural plants, and therefore may interfere with biological optimum

Keywords: LEACHED CHERNOZEM, CROP ROTATION, LEAD

Doi: 10.21515/1990-4665-130-059

Кларк свинца в земной коре и литосфере равен  $1,6 \cdot 10^{-3}$  %, почве –  $1 \cdot 10^{-3}$ , растениях –  $12 \cdot 10^{-5}$ , водах Мирового океана –  $5 \cdot 10^{-7}$  %, технофильность –  $2 \cdot 10^9$ , биофильность –  $1,3 \cdot 10^{-2}$ , талассофильность –  $1,9 \cdot 10^{-6}$  [4,6,11].

Концентрация свинца в земной коре возрастает от вещества верхней мантии к гранитному слою. Накопление этого элемента в земной коре связано не только с его активным выплавлением из вещества мантии, но также с образованием радиогенных изотопов  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$  и  $^{208}\text{Pb}$ . Около 1/3 массы свинца, содержащегося в земной коре, возникло в результате радиоактивного распада изотопов урана  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  и тория  $^{232}\text{Th}$  [3,8,13].

Свинец в земной коре накапливается в кислых магматических породах и глинистых осадках, в которых обычные концентрации этого элемента колеблются в пределах 10-40 мг/кг. В то же время, в ультраосновных породах и известковистых осадках его содержится 0,1-10 мг/кг (таблица 1).

При выветривании горных пород происходит освобождение ионов свинца  $\text{Pb}^{2+}$  из кристаллических структур породообразующих минералов и с поверхности дефектов реальных кристаллов [2,5,12].

Свинец является постоянным компонентом атмосферы, гидросферы и литосферы Земли. Природными источниками металла в атмосфере являются выветривание горных пород, эрозия почв, вулканические газы и аэрозоли, дымы лесных пожаров и морские аэрозоли; антропогенными – ме-

таллургические заводы и предприятия, производящие красители, химикаты, пестициды, батареи, аккумуляторы; сжигание угля, торфа, масел, городских отходов; производство и применение боеприпасов; распашка земель. Миграция элемента имеет четко выраженный циклический характер. Вне живого вещества рассеянный свинец мигрирует либо в растворимых формах, либо в связанных с твердой фазой. Главным источником форм, связанных с твердой фазой, служат континенты. Перенос этих форм в Мировой океан осуществляется преимущественно речным стоком и отчасти через атмосферу [6,10,13].

Таблица 1 – Содержание свинца в магматических и осадочных горных породах, мг/кг

Магматические породы	Содержание	Осадочные породы	Содержание
Ультраосновные	0,1-1,0	Глины	20-40
Основные	3,-8	Сланцы	18-25
Средние	12-15	Песчаники	5-10
Кислые	10-24	Известняки	3-10

Характерной особенностью свинца является тенденция к образованию им соединений слабой растворимости с главными компонентами – анионами природных вод и почвенного раствора. Гидроксиды, карбонаты и сульфиды свинца могут выступать в качестве ограничителей растворимости и миграции элемента. В широком диапазоне природных условий (Eh;pH) свинец присутствует преимущественно в двухвалентной форме [3,8,13].

Растворимость соединений свинца в диапазоне pH 8,5-11,0 и восстановительных условиях при pH 2 низкая – менее чем 1 мкг/л, а в интервале pH 6-8 является сложной функцией pH, концентрации CO<sub>2</sub> и соединений серы в растворе. Восстановительные условия ведут к образованию осадка сульфида свинца, который характеризуется очень низкой растворимостью.

Наличие значительного количества фосфат-ионов в почвенном растворе снижает концентрацию ионов свинца. Но, как правило, в почвенном растворе фосфат-ионы не присутствуют в достаточно большом количестве, чтобы определять судьбу растворенного свинца, однако этот фактор может быть определяющим при внесении фосфорных удобрений. При рН выше 6 из 0,1 М растворов соединений свинца осаждается его гидроксид, который неустойчив и, теряя гидратную воду, переходит в PbO [3].

Особенности распределения и миграции свинца в природных водах обуславливаются интенсивностью осаждения и комплексообразованием с органическими и неорганическими лигандами. Геохимическая подвижность свинца зависит от физико-химических свойств формирующихся комплексов. В результате гидролиза фосфатов и сульфидов свинца при рН > 6 образуется  $Pb(OH)^+$ , а при рН > 10 – нерастворимый  $Pb(OH)_2$ . При рН 8,5  $Pb(OH)^+$  является главной формой только в том случае, если содержание хлоридов находится в пределах 350-56200 мг/л. Катионы  $Pb^{2+}$  и  $Pb(OH)^+$  присутствуют в воде при рН 6 в равных концентрациях, а при рН 8 доминирует  $Pb(OH)^+$ , который по своим сорбционным способностям заметно отличается от  $Pb^{2+}$  [3,6,12].

Свинец формирует довольно стабильные хелаты с органическими лигандами, содержащими донорские атомы серы, азота и кислорода. Вследствие относительной слабости связей Pb–С органические соединения свинца менее стабильны, нежели аналогичные соединения углерода и кремния [8,12].

Естественные концентрации свинца в верхних горизонтах различных почв мира колеблются в пределах 3-189 мг/кг; средние значения его составляют 10-67 мг/кг. Содержание этого элемента в почве вблизи автодорог достигает 600-700 мг/кг [4,14] В почвах Русской равнины содержание его колеблется в пределах  $(0,37-4,33) \cdot 10^{-3}$  %. В типичных зональных почвах Российской Федерации и стран ближнего зарубежья фоновое содержа-

ние свинца следующее: тундрово-глеевые – 15-29 мг/кг, дерново-подзолистые – 6-15 мг/кг, серые лесные – 10-25 мг/кг, черноземы – 13-28 мг/кг, каштановые – 18-26 мг/кг, красноземы – 20-38 мг/кг. Фоновая концентрация этого элемента в почвах Европейской части нашей страны колеблется в пределах 15-47 мг/кг [5,6,13].

Содержание свинца в почвах определяется, прежде всего региональными факторами: составом почвообразующих пород, рельефом местности, климатом, растительным покровом. В последнее время к перечисленным факторам прибавился антропогенный источник поступления элемента. Чтобы оценить его влияние, необходимо знание естественных, т. е. фоновых уровней содержания свинца, так называемых точек отсчета, по которым впоследствии можно будет следить за изменениями, происходящими в почвах. Под фоновым подразумевается содержание элемента в почвах на большом удалении от районов поступления загрязнений. Фоновое содержание свинца в каждом типе почв зависит главным образом от состава почвообразующих пород. Коэффициент корреляции между содержанием свинца в почвообразующих породах и почвах при фоновом содержании равен  $0,86 \pm 0,17$  при  $r=0,95$ . Для каждого типа почв характерны незначительные колебания в содержании свинца, обусловленные составом почвообразующих пород. Концентрации свинца в почвах увеличиваются за счет его поступления из атмосферы, с орошаемой водой, при дренаже горнорудных разработок, в результате использования в сельском хозяйстве свинец содержащих химикатов [3,8,12].

Уровень содержания свинца в почвах, при котором он становится токсичным для растений, будет сильно варьировать в зависимости от конкретной экологической обстановки. Согласно гигиеническим нормативам, утвержденным Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) свинца для песчаных и супесчаных почв со-

ставляет 32 мг/кг, кислых ( $pH_{КС1} < 5,5$ ) суглинистых и глинистых – 65 мг/кг и близких к нейтральной ( $pH_{КС1} > 5,5$ ) суглинистых и глинистых – 130 мг/кг, а предельно допустимая концентрация (ПДК) элемента извлекаемая из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 равна 6 мг/кг [1,10,11].

Почвообразовательный процесс вносит существенные коррективы в распределение свинца по профилю почвы. Перераспределение этого элемента в профиле почв происходит под воздействием различных химических процессов: осаждения-растворения, адсорбции глинистыми минералами и полуторными окислами, взаимодействия с органическим веществом. Хотя формы нахождения свинца в разных типах почв могут существенно различаться, все же возможно заключить, что он ассоциируется главным образом с глинистыми минералами, оксидами железа и алюминия, органическим веществом. В некоторых почвах свинец может концентрироваться в фосфатных конкрециях или адсорбироваться с карбонатами кальция [1,3,4].

Свинец легко сорбируется глинистыми минералами, но сорбция имеет свою специфику. Энергия поглощения этого элемента высока, благодаря чему он защищен от выщелачивания и остается в почве в поглощенной, но относительно доступной растениям форме. Обогащение свинцом некоторых горизонтов почв связано с накоплением глинистых минералов. Свинец может соосаждаться с карбонатами, гидроксидами металлов. Кроме того, он может быть представлен индивидуальными труднорастворимыми соединениями, например гидроксилпироморфитом, а в присутствии хлорид-иона – хлорпироморфитом. Фиксация и уровень сорбции свинца глинистыми и вторичными минералами также зависят от pH. Например, при увеличении pH с 4,7 до 5,9 сорбция свинца гетитом возрастала от 8 до 63 %. Свинец удерживается иллитом, монтмориллонитом, каолинитом, вермикулитом и гидробиотитом более прочно, чем другие металлы [4].

Органическое вещество является важным компонентом, ответственным за перераспределение свинца в почве. Механизмы их соединения могут быть различными: труднорастворимые соединения типа солей с гумусовыми кислотами, адсорбция на поверхности молекул гумусовых кислот за счет электростатических сил или с образованием химических связей (хемосорбция), образование комплексных соединений с органическим веществом. Как и другие поливалентные элементы, свинец обладает значительной способностью к образованию внутрикомплексных соединений (хелатов). Хелатирующими агентами могут быть неспецифические и специфические гумусовые вещества. Свинец образует стабильные комплексы с гуминовыми кислотами (ГК) и фульвокислотами (ФК). Количество элемента, комплексируемое единицей ФК, относительно высокое по сравнению с другими металлами. Комплексы Pb-ГК более устойчивы, чем комплексы ГК с цинком и кадмием. Адсорбция свинца гумусом, способность к комплексообразованию и устойчивость образующихся соединений увеличиваются с повышением pH. В кислой среде свинец, как кадмий и цинк более подвижен [5].

Растворимость свинца может быть сильно понижена известкованием. При высоких значениях pH он будет осаждаться в почве в виде гидроксида, фосфата, карбоната; эти же условия способствуют образованию свинцеорганических комплексов [4,12,14].

Уровень концентрации свинца в почвенных растворах некарбонатных почв регулируется растворимостью таких соединений, как  $Pb(OH)_2$ ,  $Pb_3(PO_4)_2$ ,  $Pb_4O(PO_4)_2$  и  $Pb_5(PO_4)_3OH$ , а в карбонатных почвах – еще и  $PbCO_3$ . При взаимодействии свинца с почвами устойчивые соединения в твердой фазе образуются не сразу и не обязательно путем прямой реакции. Осаждение, например, труднорастворимых соединений происходит ступенчато: от менее к более стабильным соединениям. На растворимость соединений свинца в почвах влияют также процессы гидролиза и комплексо-

образования с хлоридами. При концентрации хлоридов порядка 350-6000 мг/кг свинец находится в растворе преимущественно в виде гидроксокомплексов.

Содержащиеся в почвах формы соединений свинца могут быть подразделены на четыре группы: 1) водорастворимые; 2) обменные и непрочносвязанные; 3) кислоторастворимые; 4) прочнофиксированные. Для идентификации форм нахождения свинца в почвах используют различные вытяжки. Подвижные формы соединений элемента извлекают ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8; обменные – 1н  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ; кислоторастворимые – 1н  $\text{HCl}$  [12-14].

Цель исследований – оценка свинцового статуса чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза.

**Методика.** Исследования проводились после завершения третьей ротации 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота стационарного опыта кафедры агрохимии Кубанского госагроуниверситета учебного хозяйства «Кубань», расположенного в Центральной агроклиматической зоне Краснодарского края.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках. Основные агрохимические показатели, характеризующие обеспеченность почвы свинцом до закладки эксперимента (1981 г.), приведены в соответствующей таблице 2 и опубликованной ранее работе [9].

Для выявления действия системы удобрения севооборота на содержание свинца в почве с неудобренного и ежегодно удобряемого варианта (за три ротации севооборота было внесено  $\text{N}_{1740}\text{P}_{1740}\text{K}_{1160}$ ) с каждой повторности опыта отбирали почвенные образцы из пахотного 0–20 см и подпахотного 21–40 см слоя. Содержание свинца в почве определяли атомно-адсорбционным методом по методике ЦИНАО: валовое содержание – после разложения почвы концентрированной  $\text{HNO}_3$  с добавлением  $\text{H}_2\text{O}_2$ , кислото-



растворимые – вытеснением раствором 1н HCl, подвижные – ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Резервные – находили по разности между валовым содержанием и кислоторастворимой формы.

**Результаты исследований.** Чернозем выщелоченный до освоения 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота свинца содержал 26,6 мг/кг в пахотном и 25,6 мг/кг – подпахотном слое (таблица 2). При этом в буферную вытяжку переходило соответственно 3,0 и 2,7 мг/кг элемента, а в кислоторастворимую – 11,4 и 9,9 мг/кг или 43,0 и 39,0 % от всего количества. Большая часть валового свинца приходилось на долю кислотонерастворимой формы соединений элемента – 57,1 % в пахотном и 42,9 % – подпахотном слое почвы.

Таблица 2– Содержание свинца и формы его соединений в черноземе выщелоченном, мг/кг

Вариант	Слой почвы, см	Свинец валовой	Формы соединений свинца		
			подвижный	кислоторастворимый	кислотонерастворимый
До освоения севооборота	0-20	26,6	3,0	11,4	15,2
	21-40	25,6	2,7	9,9	15,7
После трех ротаций севооборота					
Без удобрений	0-20	26,7	2,8	12,0	14,7
	21-40	25,9	2,6	10,7	15,2
N <sub>1740</sub> P <sub>1740</sub> K <sub>1160</sub>	0-20	26,8	2,3	12,2	14,6
	21-40	26,1	2,1	11,0	15,1

После трех ротаций севооборота без удобрений валовое содержание свинца в почве сохранилось на прежнем уровне. Длительное антропогенное воздействие на почву в данном случае проявилось лишь в трансформации форм его соединений. Содержание подвижной и кислотонерастворимой формы его соединений элемента в почве уменьшилось соответственно

на 6,7 и 3,3 % в пахотном и на 3,7 и 3,2 % в подпахотном слое. Наибольшие количественные изменения претерпела кислоторастворимая форма соединений свинца. Его содержание возросло на 5,3 % в пахотном и на 8,1 % в подпахотном слое почвы по сравнению с исходным количеством. Намечившиеся тенденции изменения содержания форм соединений свинца в процессе выращивания сельскохозяйственных культур без применения удобрений объясняются дефицитом поступления корнепоживных остатков, усилением минерализации гумуса, подкислением почвы, а также миграцией высокодисперсных почвенных частиц из пахотного слоя.

Научно-обоснованная система удобрения культур севооборота не привела к заметному увеличению количества свинца в почве. Под её воздействием валовое содержание элемента в почве возросло за три ротации 11-польного севооборота всего лишь на 0,8 % в пахотном и на 2,0 % - подпахотном слое. В тоже время систематическое применение минеральных удобрений на полях севооборота в течение 33 лет привело к определенным качественным изменениям свинцового фонда почв. В большей степени оно затронуло подвижную, в меньшей – кислоторастворимую и кислотонерастворимую формы соединений элемента. Так, содержание подвижного свинца в почве уменьшилось на 23,3 % в пахотном и на 22,3 % - в подпахотном слое, тогда как количество кислоторастворимой формы соединений элемента в пахотном и подпахотном слое возросло только на 5,3 и 11,1 % соответственно. Еще в меньшей степени эти изменения коснулись кислотонерастворимой формы соединений свинца. Содержание его в пахотном слое уменьшилось всего лишь на 3,9 %, подпахотном – на 3,8 %.

Уменьшение подвижности свинца мы увязали с повышением фосфатного уровня почвы, как следствие длительного применения фосфорных удобрений на полях севооборота [15]. Как известно подвижные формы фосфора легко связывают свинец почвенного раствора и обменно-сорбированный глинистыми минералами в труднорастворимые соединения

[2,4,12]. В целом выявленные в процессе агрогенеза количественные и качественные изменения содержания свинца в черноземе выщелоченном не настолько весомы, чтобы существенно оказать негативное влияние на его экологическое состояние.

### Заключение

Содержание свинца в черноземе выщелоченном превышает кларк почв мира, но близок к средней, установленной для почв Европейской части Российской Федерации – 15-47 мг/кг. В пахотном и подпахотном слое почвы на долю кислоторастворимой формы соединений элемента приходится 42,8 и 38,7 %, кислотонерастворимой соответственно – 57,2 и 61,3 % валового его количества. Подвижного свинца в пахотном слое почвы содержится 2,7 мг/кг или 11,3 % от всего количества. Длительное систематическое применение минеральных удобрений на полях севооборота не привело к существенному накоплению свинца в почве.

Сравнивая полученные результаты с существующими в настоящее время допустимыми концентрациями (ОДК, ПДК) необходимо отметить, что содержание свинца в черноземе выщелоченном после трех ротаций севооборота не может вызвать каких-либо патологических изменений или аномалий в ходе биологических процессов и привести к накоплению в сельскохозяйственных растениях, а следовательно, не может нарушить биологический оптимум.

### Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Добахов М.В. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования / М.В. Добахов, Е.В. Добахова, В.И. Титова. – Нижний Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
3. Зырин Н.Г. Свинец / Н.Г. Зырин, Е.В. Каплунов, А.В. Сердюкова, В.Д. Симонов / Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. – М.: МГУ, 1985. С. 104-127.
4. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.

5. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. – М.: МГУ, 1959. –67 с.
6. Минеев В.Г. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации / В.Г. Минеев, А.А. Алексеев, Т.А. Тришина // В.Г. Минеев. Избранное. – М.: МГУ, 2005. С. 248-268.
7. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
8. Свинец в окружающей среде / Под ред. В.В Добровольского. – М.: Наука, 1987. – 182 с.
9. Суетов В.П. Влияние систематического применения удобрений на накопление тяжелых металлов в почвах Кубани / В.П. Суетов, Л.П. Леплявченко, В.П. Суетов / Труды КубГАУ. 1997. Вып. 358(386). С. 54-61.
10. Черных Н.А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, В.Ф. Ладонин. – Пушкино: ОНТИ ПНУ РАН, 2001. – 148 с.
11. Черных Н.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах / Н.А. Черных, М.М. Овчаренко. – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.
12. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
13. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
14. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
15. Шеуджен А.Х. Фосфорный режим чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Л.М. Онищенко, М.А. Осипов, С.В. Есипенко, Т.Ф. Бочко, Т.Н. Бондарева // Тр. КубГАУ, 2014. № 2(47). С. 98-108.

### References

1. Alekseyev YU.V. Tyazhelyye metally v pochvakh i rasteniyakh / YU.V. Alekseyev. – L.: Agropromizdat, 1987. – 142 s.
2. Dobakhov M.V. Tyazhelyye metally: ekotoksikologiya i problemy normirovaniya / M.V. Dobakhov, Ye.V. Dobakhova, V.I. Titova. – Nizhniy Novgorod: Izd-vo VVAGS, 2005. – 165 s.
3. Zyrin N.G. Svinets / N.G. Zyrin, Ye.V. Kaplunov, A.V. Serdyukova, V.D. Simonov / Khimiya tyazhelykh metallov, mysh'yaka i molibdena v pochvakh. – M.: MGU, 1985. S. 104-127.
4. Kabata-Pendias A. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh / A. Kabata-Pendias, KH. Pendias. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
5. Kovda V.A. Mikroelementy v pochvakh Sovetskogo Soyuza / V.A. Kovda, I.V. Yakushevskaya, A.N. Tyuryukanov. – M.: MGU, 1959. –67 s.
6. Mineyev V.G. Tyazhelyye metally i okruzhayushchaya sreda v usloviyakh sovremennoy intensivnoy khimizatsii / V.G. Mineyev, A.A. Alekseyev, T.A. Trishina // V.G. Mineyev. Izbrannoye. – M.: MGU, 2005. S. 248-268.
7. Perel'man A.I. Geokhimiya / A.I. Perel'man. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 528 s.
8. Svinets v okruzhayushchey srede / Pod red. V.V Dobrovol'skogo. – M.: Nauka, 1987. – 182 s.

9. Suyetov V.P. Vliyaniye sistematicheskogo primeneniya udobreniy na nakopleniye tyazhelykh metallov v pochvakh Kubani / V.P. Suyetov, L.P. Leplyavchenko, V.P. Suyetov / Trudy KubGAU. 1997. Vyp. 358(386). S. 54-61.

10. Chernykh N.A. Ekotoksikologicheskiye aspekty zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami / N.A. Chernykh, N.Z. Milashchenko, V.F. Ladonin. – Pushchino: ONTI PNU RAN, 2001. – 148 s.

11. Chernykh N.A. Tyazhelyye metally i radionuklidy v biogeotsenozakh / N.A. Chernykh, M.M. Ovcharenko. – M.: Agrokonsalt, 2002. – 200 s.

12. Sheudzhen A.KH. Biogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2003. – 1028 s.

13. Sheudzhen A.KH. Agrokhimiya / A.KH. Sheudzhen, V.T. Kurkayev, N.S. Kotlyarov. – Maykop: Izd-vo «Afisha», 2006. – 1075 s.

14. Sheudzhen A.KH. Agrobiogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 s.

15. Sheudzhen A.KH. Fosfornyy rezhim chernozema vyshchelochennogo Zapadnogo Predkavkaz'ya v usloviyakh agrogeneza / A.KH. Sheudzhen, V.P. Suyetov, L.M. Onishchenko, M.A. Osipov, S.V. Yesipenko, T.F. Bochko, T.N. Bondareva // Tr. KubGAU, 2014. № 2(47). S. 98-108.