

УДК 631.445.2

UDC 631.445.2

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agricultural sciences

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

**THE CONTENT AND FORM OF THE NICKEL
COMPOUNDS IN THE WESTERN CAUCASUS
LEACHED CHERNOZEM IN TERMS OF
AGROGENESIS**

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

Sheudzhen Askhad Khazretovich
Dr.Sci.Biol., professor, corresponding member of
R.A.S., head of the Agro-chemistry department,
SPIN-code: 9370-9411

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

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

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

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

Лебедовский Ивана 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 Alekseevich
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 9010-
8645

Есипенко Сергей Владимирович
к.с.-х.н., ст. преподаватель, SPIN-код: 3837-8593

Esipenko Sergey Vladimirovich
Cand.Agr.Sci., senior lecturer, SPIN-code: 3837-
8593

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия
Всероссийский научно-исследовательский
институт риса, Россия*

*Kuban State Agricultural University, Krasnodar,
Russia
All-Russian Research Institute for rice, Russia*

Представлены результаты изучения валового содержания и форм соединений никеля в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья за три ротации 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота. Содержание никеля в почве близко к его кларку (40 мг/кг) и значительно ниже ОДК (80 мг/кг). Научно обоснованная система удобрения культур севооборота не ведет к накоплению никеля в почве, но создает условия для повышения его подвижности. В перспективе возможно возникновение потребности включения никеля в систему удобрения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на черноземе выщелоченном. Содержание никеля в черноземе выщелоченном до освоения севооборота в целом было близко к кларку почв мира (40 мг/кг) и значительно ниже ОДК (80 мг/кг), что благоприятствует получению высококачественной продукции. После трех ротаций севооборота без применения удобрений валовое содержание никеля и кислотонерастворимой формы его соединений в почве несколько

The article presents results of studying the total content and the forms of Nickel in the Western Caucasus leached Chernozem at three rotations of 11-fild grain-grass-arable crop rotation. The Nickel content in the soil is close to its Clark (40 mg/kg) and significantly lower than UEC (80 mg/kg). Scientifically based system for fertilizing crop rotation does not lead to the accumulation of Nickel in the soil, but creates the conditions for increasing its mobility. In the future, we may experience the need of the inclusion of Nickel into the system of fertilization of crops grown on leached Chernozem. The Nickel content in the leached Chernozem before development of crop rotation was generally close to Clark soils of the world (40 mg/kg) and significantly lower than UEC (80 mg/kg), which favors the production of high quality produce. After three rotations of the crop rotation without using fertilizers, the total content of Nickel and acid-insoluble form in the soil decreased slightly, but the number of the element extracted with both buffer and acid extractor, increased insignificantly.

снизилось, но количество элемента, извлекаемого буферной и кислотной вытяжкой, незначительно возросла. Снижение валового содержания никеля и его резервного (кислотонерастворимого) фонда в почве мы объясняем ежегодным отчуждением элемента с урожаями культур севооборота с полей, а наметившаяся тенденция возрастания подвижного и кислоторастворимого – минерализацией гумуса сопровождаемая подкислением почвы. Систематическое внесение минеральных удобрений на поля севооборота несколько восполняло никелевый фонд почвы, но не обеспечивало восстановление исходного уровня. В то же время на удобряемом севообороте отмечается четко выраженная тенденция к повышению количества подвижного и кислоторастворимого никеля. Если учесть, что величина ПДК подвижного никеля равна 6 мг/кг, то эти изменения не могут иметь никаких негативных экологических последствий, а наоборот будет благоприятствовать использованию этого ультрамикроэлемента растениями

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕННЫЙ, СЕВООБОРОТ, НИКЕЛЬ

The decrease of the total content of Nickel and its reserve (acid-insoluble) fund in the soil we explain with the annual exclusion of the element with harvests crops from the fields, and the trend of increasing mobile and acid-soluble - mineralization of humus followed by acidification of the soil. Systematic mineral fertilization on field crop rotation was slightly up for the Nickel fund of the soil, but did not ensure the recovery of the initial level. At the same time, at fertilize crop rotation we observed a clear trend of increasing the number of rolling and acid-soluble Nickel. If we consider that the value of the MPC for moving Nickel is equal to 6 mg/kg, these changes may not have any negative environmental impacts, but rather will encourage the use of this ultra-microelement by plants

Keywords: LEACHED CHERNOZEM, CROP ROTATION, NICKEL

Кларк никеля в земной коре равен 0,02 %, литосфере – $8 \cdot 10^{-3}$, водах Мирового океана – $3 \cdot 10^{-7}$, почве – $4 \cdot 10^{-3}$, растениях – $5 \cdot 10^{-5}$ %, биофильность – $1,4 \cdot 10^{-2}$, талассофильность – $3 \cdot 10^{-4}$, технофильность – $7 \cdot 10^8$ [1, 4, 6].

Никель по частоте встречаемости в земной коре занимает 25 место. Наиболее высокое содержание этого элемента характерно для ультраосновных пород (1400-2000 мг/кг); с увеличением кислотности горных пород его концентрация уменьшается до 5-20 мг/кг. В осадочных породах он присутствует в количестве от 5 до 90 мг/кг, причем наиболее высокие значения характерны для глинистых отложений, а самые низкие – для песчаников (таблица 1; [3,12,13]).

В изверженных породах никель изоморфно замещает двухвалентные катионы железа и магния, что объясняется близостью ионных радиусов этих элементов (у Mg^{2+} и Ni^{2+} – 0,078 нм). В магматических, гидротермальных и гипергенных процессах этот элемент энергично мигрирует. При дифференциации базальтовой магмы возникают медноникелевые сульфидные месторождения, в гидротермальных системах – сульфидные никель-кобальтовые, а в биосфере – силикатные месторождения никеля в коре выветривания ультраосновных пород. Таким образом, никель проявляет и сидерофильные (в ультраосновной магме, земной коре), и халькофильные (при дифференциации основной магмы, в гидротермах), и литофильные (в биосфере) свойства [3, 6, 14].

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

Магматические породы	Содержание	Осадочные породы	Содержание
Ультраосновные	1400-2000	Глины	40-90
Основные	130-160	Сланцы	50-70
Средние	5-55	Песчаники	5-20
Кислые	5-20	Известняки	7-20

В континентальных отложениях никель присутствует главным образом в виде сульфидов и арсенидов и часто замещает железо в железомagneзиальных соединениях. Он также ассоциируется с карбонатами, фосфатами и силикатами. При выветривании горных пород никель легко высвобождается, а затем осаждается преимущественно с оксидами железа и марганца. Однако, подобно катионам Mn^{2+} и Fe^{2+} , двухвалентный никель относительно стабилен в водных растворах и способен мигрировать на значительные расстояния. При выветривании никельсодержащих горных пород возможно образование глинистого минерала гарниерита $(Ni,Mg)SiO_3 \cdot nH_2O$. Последнее главным образом происходит в условиях тропического климата. Органическое вещество обнаруживает способность к абсорбции никеля, вероятно поэтому, он концентрируется в угле и нефти [3, 17].

Как показали исследования Е.В. Тонконоженко [8, 9], никель в почвообразующих породах равнинно- и предгорно-степной части Краснодарского края распределен довольно равномерно. Наименьшее содержание его (8 мг/кг) установлено в песках, а наибольшее (93 мг/кг) – в лессовидных глинах зоны малогумусных черноземов. Так же богаты никелем третичные рудные и гипсовые глины, оливково-бурые глины, аллювий глинистый. Содержание его в осадочных породах в определенной степени зависит от их механического состава. Глинистые породы обычно богаче им. В то же время имеют место и некоторые отклонения. Так, лессовидные тяжелые суглинки и глины предгорно-степной зоны края, где распространены среднегумусные черноземы, менее обеспечены этим элементом, чем степные зоны, где черноземы слабогумусные (таблица 2).

Общее содержание никеля в почвообразующих породах предгорий и гор подвержено большим колебаниям, чем в породах равнинно-степной части края. В равнинно-степной зоне эти различия связаны с изменением механического состава пород, а в предгорно-горной зоне – с их литологическими особенностями. Наибольшее разнообразие по содержанию никеля в этом регионе характерно для карбонатных пород – мергелей, известня-

ков, глинистых известняков. В них установлено и наибольшее содержание этого элемента [8, 9].

Таблица 2 – Содержание никеля в почвообразующих породах Краснодарского края, мг/кг

Почвообразующие породы	Среднее содержание	Пределы колебаний
Равнинно- и предгорно-степная часть		
Лессовидные тяжелые суглинки и глины зоны малогумусных черноземов	62,3	46-93
Лессовидные тяжелые суглинки и глины зоны среднегумусных и тучных черноземов	36,0	28-48
Лессовидные средние и легкие суглинки всей степной части	34,7	23-41
Оливково-бурые глины зоны черноземов слитых	66,7	36-89
Лессовидные тяжелые суглинки Тамани	41,5	30-59
Третичные рудные и гипсоносные глины Тамани	70,3	58-87
Пески	14,7	8-21
Аллювий глинистый и тяжелосуглинистый	61,9	38-89
Аллювий средне- и легкосуглинистый	32,7	10-56
Аллювий соленосный глинистый	56,3	33-78
Предгорно-горная часть		
Делювий глинистый	55,2	29-126
Делювий суглинистый	20,7	18-23
Элювий глинистых сланцев, третичных рудных глин	41,4	21-56
Известняки, мергели	33,5	4-83
Глинистые известняки	90,0	21-138
Пески	16,0	8-30

Никель в почве обычно содержится в количестве 20-50 мг/кг, а в загрязненных почвах – до 1000 мг/кг. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) этого элемента в почвах сильно варьирует в зависимости от реакции почвенного раствора, окислительно-восстановительного потенциала и буферной способности почвы, фракционно-группового состава гумуса, а также условий агрогенеза. Ориентировочно-допустимая концентрация (ОДК) в песчаных и супесчаных почвах равна 20 мг/кг, кислых ($pH_{KCl} < 5,5$) суглинистых и глинистых – 40, близких к нейтральным ($pH_{KCl} > 5,5$) суглинистых и глинистых – 80 мг/кг. ПДК подвижной формы этого элемента, т. е. извлекаемой из почвы буферной вытяжкой (ацетатно-аммонийным буферным раствором $pH 4,8$), составляет 4 мг/кг [10].

Самое высокое содержание никеля наблюдается в глинистых и суглинистых почвах, в почвах на основных и вулканических породах и в почвах, богатых органикой. Особенно высокими уровнями содержания отличаются торфянистые серпентинитовые почвы, в которых этот элемент присутствует в виде легкорастворимых органических комплексов. Почвы аридных и семиаридных регионов также характеризуются высокими концентрациями никеля.

Среднее валовое содержание никеля в почвах Российской Федерации и стран ближнего зарубежья колеблется от 11 до 33 мг/кг. В дерново-подзолистых почвах этот элемент содержится в количестве 11 мг/кг, лесных – 33, каштановых и бурых – 20, черноземах – 30, солончаках и солонцах – 25 мг/кг. По данным Б.К. Шакуры [11], валовое содержание никеля в профиле несмытых горно-лесных коричневых почв Закавказья колеблется в пределах 14-55 мг/кг. Послелесные коричневые (садовые) почвы содержат его в пределах 40-140 мг/кг. Максимальное количество никеля обнаруживается в верхнем горизонте. Количество никеля в профиле черноземов близко к его содержанию в горно-луговых почвах и колеблется в пределах 14-46 мг/кг. В эродированных разностях горных черноземов никель содержится в минимальном количестве – 10-28 мг/кг. Для каштановых и светло-каштановых почв характерна аккумуляция никеля в верхних горизонтах. Содержание никеля в профиле этих почв составляет 17-45 мг/кг. В перегнойном горизонте дерново-подзолистых почв, развитых на эоловых песчаных отложениях, никеля содержится $(0,5-1,4) \cdot 10^{-3} \%$ [5]. Содержание никеля в почвах во многом определяется его количеством в материнских породах. Однако уровень концентрации никеля в верхнем слое почв зависит также от почвообразующих процессов и техногенного загрязнения.

Почвы Краснодарского края отличаются большой неоднородностью по содержанию никеля (таблица 3; [8, 9]). В среднем в пахотном слое почв равнинно- и предгорно-степной части Краснодарского края несколько больше никеля, чем в их почвообразующих породах. Если в почвообразующих породах минимальное количество его 8 мг/кг, то в почвах – 15; максимальное – 93 и 159 мг/кг соответственно. Таким образом, в почвах он распределен равномернее, чем в породах. При более высоком накоплении никеля в почвах, чем в породах, происходит некоторое выравнивание его содержания. Вместе с тем в черноземах слабогумусных и солонцах луговых наблюдается значительное варьирование ($V=40 \%$) содержания никеля.

Поскольку содержание никеля в почвах определяется количеством их в почвообразующих породах, почвы предгорной и горной зоны края отличаются большей неоднородностью в распределении этого элемента. Если коэффициент вариации его содержания в различных почвах степной зоны находится в пределах 22-40 %, то в почвах предгорий и гор – 26–43 %. Обращает на себя внимание более низкое, чем в почвах на известковых породах, среднее содержание никеля в серых и бурых почвах, развивающихся на делювиальных и делювиально-элювиальных породах, сравнительно бедных этим элементом [8, 9].

Таблица 3 – Валовое содержание никеля в пахотном (0-25 см) слое почвы, мг/кг

Почвы	Содержание	Коэффициент вариации, %
Предгорные и горные зоны		
Серые лесостепные	36,9±2,75	42,9
Бурые горно-лесные	33,9±2,78	36,8
Перегнойно-карбонатные	52,3±3,72	34,9
Горно-луговые	59,1±3,46	26,3
Равнинно- и предгорно-степная часть		
Черноземы малогумусные карбонатные	58,9±2,48	25,3
Черноземы малогумусные выщелоченные	54,7±2,81	26,2
Черноземы слитые	50,1±3,71	27,7
Черноземы среднегумусные	38,3±2,34	22,1
Черноземы слабогумусные	37,3±3,98	40,0
Лугово-черноземные	58,2±3,29	33,5
Аллювиально-луговые суглинистые	52,9±3,36	22,9
Солонцы, солончаки	54,0±5,90	39,4

Распределение никеля в почвенном профиле зависит от содержания как органического вещества, так и аморфных оксидов и глинистой фракции, которые определяются типом почвы. Исследование распределения никеля по генетическим горизонтам чернозема выщелоченного Западного Предкавказья, выполненное Е.В. Тонконоженко [9], позволяет заключить об отсутствии активного биологического захвата этого элемента (таблица 4). Процессы выщелачивания этого элемента здесь преобладают над процессами биологического накопления и подтягивания с почвенными растворами к верхней толще почвы [8, 9].

Таблица 4 – Распределение никеля по профилю чернозема выщелоченного

Горизонт	Глубина взятия образца, см	pH	Содержание никеля, мг/кг
A _n	0-10	6,6	47
A ₁	20-30	6,3	71
B ₁	60-70	6,4	81
B ₂	90-100	6,6	71
C ₂	160-170	7,0	59

В почвах никель тесно связан с оксидами железа и марганца, присутствует в составе первичных и вторичных минералов, в органически связанных формах, часть из которых может быть представлена легкорастворимыми хелатами, а также в ионной форме. В почвенном растворе возможны ионные формы этого элемента: Ni^{2+} , $NiOH$, $HNiO_2^-$ и $Ni(OH)_2^-$. Концентрация никеля в почвенном растворе в основном равна 0,005-0,05 мг/кг [3, 14].

Н.И. Горбунов [2] выделяет три группы соединений элементов в почве: 1) мобильные – непосредственный источник и резерв для питания растений (водорастворимые, ионно-обменные, непрочнофиксированные формы соединений); 2) фиксированные – потенциальный резерв для питания растений (хемосорбированные ионы, труднорастворимые соли, входящие в состав комплексных соединений стабильных органических веществ); 3) изоморфные примеси в минералах – стратегических резерв питания растений.

Никель относится к группе элементов подвижных и слабоподвижных в окислительных условиях и инертных – в восстановительных. Этот элемент более подвижен в кислой и слабокислой среде и менее подвижен в нейтральной и щелочной. На щелочном барьере он осаждается и миграция осуществляется исключительно в составе взвесей [3,6,13].

В настоящее время никель считается приоритентным поллютантом, поступающим в окружающую среду с выбросами металлообрабатывающих предприятий и в связи с растущими темпами сжигания угля и нефти. Применение осадка сточных вод и фосфорных удобрений также в какой-то степени может стать причиной его накопления в почвах [10,17].

При загрязнении почвы никелем она проявляет свою буферную способность, переводя водорастворимые его соединения в труднорастворимые, а труднорастворимые – в мобильные, т. е. прослеживается конвергенция по-

ступающих соединений элемента, их превращение в соединения, свойственные самой почве конкретного состава. Однако буферная способность почвы не беспредельна и с ростом экзогенных концентраций никеля потенциально увеличивается количество тех форм, в которых он попадает в почву [10].

Токсическое действие повышенных концентраций никеля проявляется в широком диапазоне реакций растений. Наблюдается хлороз листьев, торможение скорости роста, снижении репродуктивной способности, морфобилогических нарушениях. В тоже время никель относится к необходимым для растений микроэлементам, играющим важную роль в ферментативных процессах. Его дефицит в почве вызывает специфические заболевания растений, снижает урожай, ухудшает его качество. Токсичность никеля не противоречит его биологической необходимости. Даже самый токсичный элемент имеет свое узкое «концентрационное окно», внутри которого он становится необходимым [13]. Как правильно подметил Д.И. Менделеев, «в мире нет вредных веществ, в мире есть вредные количества». В связи с этим необходимы данные о содержании никеля в почве и трансформации его соединений, выносе с урожаем в зависимости от обеспеченности растений, пороговых уровней токсичности.

Цель исследований – мониторинг содержания никеля и форм его соединений в черноземе выщелоченном 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 содержание никеля до закладки эксперимента (1981 г.), приведены в соответствующих таблицах данной статьи и опубликованных ранее работах [7, 8, 9].

Для выявления действия системы удобрения севооборота на содержание никеля в почве с неудобренного и ежегодно удобряемого варианта (за три ротации севооборота было внесено $N_{1740}P_{1740}K_{1160}$) с каждой повторности опыта отбирали почвенные образцы из пахотного 0–20 см и подпахотного 21–40 см слоя. Содержание никеля в почве определяли атомно-адсорбционным методом по методике ЦИНАО: валовое содержа-

ние – после разложения почвы концентрированной HNO_3 с добавлением H_2O_2 , кислоторастворимые – вытеснением раствором 1н HCl , подвижные – ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8. Резервные – находили по разности между валовым содержанием и кислоторастворимой формой.

Результаты исследования. Валовое содержание никеля до освоения 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота (1981 г.) в черноземе выщелоченном составляло 28,8 мг/кг в пахотном и 31,4 мг/кг – подпахотном слое (таблица 5). Буферной вытяжкой извлекалось 1,8 и 1,7 мг/кг, а кислотной – соответственно 9,5 и 9,8 мг/кг, или 33,0 и 31,2 % от всего его количества.

Наибольшая часть валового никеля в почве была представлена кислотонерастворимой формой соединений элемента. Доля его в никелевом фонде составляла 67,0 % в пахотном и 68,8 % - подпахотном слое почвы.

Таким образом, содержание никеля в черноземе выщелоченном до освоения севооборота в целом было близко к кларку почв мира (40 мг/кг) и значительно ниже ОДК (80 мг/кг), что благоприятствует получению высококачественной продукции.

Таблица 5 – Содержание никеля и формы его соединений в черноземе выщелоченном, мг/кг

Вариант	Слой почвы, см	Никель валовой	Форма соединений никеля		
			подвижная	кислоторастворимая	кислотонерастворимая
До освоения севооборота	0-20	28,8	1,8	9,5	19,3
	21-40	31,4	1,7	9,8	21,3
После трех ротаций севооборота					
Без удобрений	0-20	28,0	1,9	9,9	18,1
	21-40	30,6	1,8	10,0	20,6
N ₁₇₄₀ P ₁₇₄₀ K ₁₁₆₀	0-20	28,7	2,1	10,3	18,4
	21-40	31,3	1,9	10,5	20,8

После трех ротаций севооборота без применения удобрений валовое содержание никеля и кислотонерастворимой формы его соединений в почве несколько снизилось, но количество элемента, извлекаемого буферной и кислотной вытяжкой, незначительно возросла. Снижение валового содержания никеля и его резервного (кислотонерастворимого) фонда в почве мы объясняем ежегодным отчуждением элемента с урожаями культур севооборота с

полей, а наметившаяся тенденция возрастания подвижного и кислоторастворимого – минерализацией гумуса [16] сопровождаемая подкислением почвы [15].

Систематическое внесение минеральных удобрений на поля севооборота несколько восполняло никелевый фонд почвы, но не обеспечивало восстановление исходного уровня. В то же время на удобряемом севообороте отмечается четко выраженная тенденция к повышению количества подвижного и кислоторастворимого никеля. Если учесть, что величина ПДК подвижного никеля равна 6 мг/кг, то эти изменения не могут иметь никаких негативных экологических последствий, а наоборот будет благоприятствовать использованию этого ультрамикроэлемента растениями.

Заключение

Содержание никеля в черноземе выщелоченном близко к кларку в почвах мира (40 мг/кг) и значительно ниже ОДК (80 мг/кг). Научно обоснованная система удобрения культур севооборота не ведет к накоплению никеля в почве, но создает условия для повышения его подвижности.

В перспективе возможно возникновение потребности включения никеля в систему удобрения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на черноземе выщелоченном.

Литература

1. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
2. Горбунов Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 294 с.
3. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
4. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. – М.: МГУ, 1959. – 67 с.
5. Лукашев К.И. Химические элементы в почвах / К.И. Лукашев, Н.Н. Петухова. – Минск: Наука и техника, 1970. – 229 с.
6. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
7. Суетов В.П. Влияние систематического применения удобрений на накопление тяжелых металлов в почвах Кубани / В.П. Суетов, Л.П. Леплявченко, В.П. Суетов / Тр. КубГАУ. 1997. Вып. 358(386). С. 54-61.
8. Тонконоженко Е.В. Никель в почвах и растениях предгорной и горной части Краснодарского края / Е.В. Тонконоженко / Тр. КубСХИ. 1976. Вып. 117(145). С. 59-65.

9. Тонконоженко Е.В. Никель в почвах и растениях степной части Краснодарского края / Е.В. Тонконоженко / Тр. КубСХИ. 1974. Вып. 81(109). С. 45-50.
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. Шакура Б.К. Никель, ванадий, хром и стронций в почвах Нахичеванской АССР / Б.К. Шакура. – Почвоведение. 1978. №4. С. 49-55.
12. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
13. Шеуджен А.Х. Агрехимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
14. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
15. Шеуджен А.Х. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного / А.Х. Шеуджен, М.А. Осипов, И.А. Лебедовский, С.В. Есипенко // Агрехимический вестник. 2013. № 6. С. 002-003.
16. Шеуджен А.Х. Изменение содержания и качества гумуса при сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А.Х. Шеуджен, Т.Ф. Бочко, Л.М. Онищенко, М.А. Осипов, С.В. Есипенко // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 2. С. 8-11.
17. Шильцева Г.В. Тяжелые металлы и сера в почвах Валаамского архипелага / Г.В. Шильцева, Р.М. Морозова, П.Ю. Литинский. – Петрозаводск: Карел. Н У РАН, 2008. – 109 с.

References

1. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh / A.P. Vinogradov. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. – 238 s.
2. Gorbunov N.I. Mineralogiya i fizicheskaya khimiya pochv / N.I. Gorbunov. – M.: Nauka, 1978. – 294 s.
3. Kabata-Pendias A. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh / A. Kabata-Pendias, K.H. Pendias. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
4. Kovda V.A. Mikroelementy v pochvakh Sovetskogo Soyuza / V.A. Kovda, I.V. Yakushevskaya, A.N. Tyuryukanov. – M.: MGU, 1959. – 67 s.
5. Lukashev K.I. Khimicheskiye elementy v pochvakh / K.I. Lukashev, N.N. Petukhova. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1970. – 229 s.
6. Perel'man A.I. Geokhimiya / A.I. Perel'man. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 528 s.
7. Suetov V.P. Vliyaniye sistematicheskogo primeneniya udobreniy na nakople-niye tyazhelykh metallov v pochvakh Kubani / V.P. Suetov, L.P. Leplyavchenko, V.P. Suetov / Тр. KubGAU. 1997. Вып. 358(386). С. 54-61.
8. Tonkonozhenko Ye.V. Nikel' v pochvakh i rasteniyakh predgornoy i gornoy chasti Krasnodarskogo kraya / Ye.V. Tonkonozhenko / Тр. KubSKHI. 1976. Вып. 117(145). С. 59-65.

9. Tonkonozhenko Ye.V. Nikel' v pochvakh i rasteniyakh stepnoy chasti Krasnodarskogo kraya / Ye.V. Tonkonozhenko / Tr. KubSKHI. 1974. Vyp. 81(109). S. 45-50.
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. Shakura B.K. Nikel', vanadiy, khrom i strontsiy v pochvakh Nakhichevanskoj ASSR / B.K. Shakura. – Pochvovedeniye. 1978. №4. S. 49-55.
12. Sheudzhen A.KH. Agrobiogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 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. Biogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2003. – 1028 s.
15. Sheudzhen A.KH. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobreniy na fiziko-khimicheskiye svoystva chernozema vyshchelochennogo / A.KH. Sheudzhen, M.A. Osipov, I.A. Le-bedovskiy, S.V. Yesipenko // Agrokhimicheskiy vestnik. 2013. № 6. S. 002-003.
16. Sheudzhen A.KH. Izmeneniye sodержaniya i kachestva gumusa pri sel'skokhozyay-stvennom ispol'zovanii chernozema vyshchelochennogo Zapadnogo Predkavkaz'ya / A.KH. She-udzhen, T.F. Bochko, L.M. Onishchenko, M.A. Osipov, S.V. Yesipenko // Problemy agrokhimii i ekologii. 2014. № 2. S. 8-11.
17. Shil'tseva G.V. Tyazhelyye metally i sera v pochvakh Valaamskogo arhipelaga / G.V. Shil'tseva, R.M. Morozova, P.YU. Litinskiy. – Petrozavodsk: Karel. N U RAN, 2008. – 109 s.