

УДК 631.8:546.711

06.01.00 Агрономия

**СЕЛЕН В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ**

Шеуджен Асхад Хазретович  
д.б.н., профессор, член-корр. РАН, зав. кафедрой агрохимии, SPIN-код: 9370-9411  
*ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Аканова Наталья Ивановна  
д.с.-х.н., профессор  
*ВНИИА, Москва, Россия*

Хурум Хазрет Довлетович  
д.с.-х.н., профессор, SPIN-код: 4779-9105  
*ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Бондарева Татьяна Николаевна  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 5621-0334  
*ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Осипов Михаил Алексеевич  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 9010-8645  
*ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Есипенко Сергей Владимирович  
к.с.-х.н., доцент, SPIN-код: 3837-8593  
*ФГБОУ ВПО «Кубанский ГАУ», Краснодар, Россия*

Содержание селена в почвах различных генетических типов изменяется в широких пределах. Его количество ниже в почвах, сформированных на вулканических породах. В среднем оно составляет 0,2-0,6 мг/кг. В почвах, сформированных на осадочных породах, содержание селена часто находится в пределах 4,5-5,0 мг/кг и в зависимости от условий формирования широко меняется, достигая иногда 100 мг/кг. Преимущественно это щелочные почвы, концентрация селена в почвенном растворе которых составляет  $10^{-6}$  молей. Содержание селена в большинстве почвенных типов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья изменяется в пределах 0,01-1,0 мг/кг. Более обогащенными являются пойменные, каштановые почвы, черноземы и сероземы (0,3-1,0 мг/кг), тогда как дерново-подзолистые и песчаные почвы относительно обеднены (0,05-0,2 мг/кг). Систематическое применение минеральных удобрений на полях севооборота ведет к снижению валового содержания в черноземе выщелоченном. Удобрения способствуют повышению подвижности этого элемента и более интенсивному вовлечению его в биологический круговорот

UDC 631.8:546.711

Agronomy

**SELENIUM IN BLACK LEACHED SOIL**

Sheudzhen Askhad Khazretovich  
Dr.Sci.Biol., professor, member corresponding of R.A.S., head of agrochemistry department, SPIN-code: 9370-9411  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Akanova Natalia Ivanovna  
Dr.Agr.Sci., professor  
*VNIIA, Moscow, Russia*

Hurum Hazret Dauletovich  
Dr.Agr.Sci., professor, SPIN-code: 4779-9105  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Bondareva Tatyana Nikolaevna  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 5621-0334  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Osipov Mikhail Alexeevich  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-code: 9010-8645  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

Esipenko Sergey Vladimirovich  
Cand.Agr.Sci., assistant professor, SPIN-код: 3837-8593  
*Kuban state agrarian university, Krasnodar, Russia*

The content of selenium in the soils of various genetic types varies widely. Its amount is lower in soils formed on volcanic rocks. On average, it is 0.2-0.6 mg/kg. In the soils formed on sedimentary rocks, the content of selenium is often in the range of 4.5-5.0 mg/kg and depending on the conditions of formation it varies widely, sometimes reaching 100 mg/kg. Predominantly they are alkaline soils, selenium concentrations in the soil solution is  $10^{-6}$  moles. The content of selenium in most soil types of the Russian Federation and CIS countries varies in the range of 0.01-1.0 mg/kg. Floodplain, chestnut soils, black soils and gray soils are more enriched (0.3 to 1.0 mg/kg), whereas sod-podzolic and sandy soils are relatively depleted (0.05-0.2 mg/kg). Systematic application of mineral fertilizers on the fields of crop rotation leads to a decrease in total content in the leached black soil. Fertilizers contribute to increased mobility of this element and more intensive involvement of it in the biological cycle

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ ВЫЩЕЛОЧЕН-  
НЫЙ, СЕВООБОРОТ, СЕЛЕН

Keywords: LEACHED BLACK SOIL, CROP RO-  
TATION, SELENIUM

Doi: 10.21515/1990-4665-138-041

## Введение

Согласно современной биогеохимической классификации химических элементов, предложенной А.Х. Шеудженом [14] селен является микроэлементом минерального питания растений. Это важный аспект агрохимической оценки его содержания в почве, особенно в условиях повышения интенсификации земледелия за счет применения минеральных удобрений и агрохимических средств.

В химическом отношении селен является аналогом серы, находясь с ней в главной подгруппе VI группы элементов. Для селена характерны степени окисления  $-2$ ,  $+4$ ,  $+6$ ; он образует диоксид  $\text{SeO}_2$  и триоксид  $\text{SeO}_3$ , соответственно селенистую  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  и селеновую кислоты  $\text{H}_2\text{SeO}_4$  (соли – селениты и селенаты). Селенистая кислота слабая, ее константы диссоциации  $K_1 = 2 \cdot 10^{-3}$  и  $K_2 = 5 \cdot 10^{-9}$ . Селеновая кислота сильная, степень ее диссоциации близка к степени диссоциации серной кислоты. Селениты щелочных металлов хорошо растворимы, другие селениты имеют низкую растворимость. Селенаты, как правило, хорошо растворимы в воде. Для содержания селенатов в воде установлен ПДК  $0,2 \text{ мг/м}^3$  в расчете на селен. Соли слабой селеноводородной кислоты  $\text{H}_2\text{Se}$  – селениды – сходны по своим свойствам с сульфидами. Для селена характерно также образование селеноорганических соединений, содержащих связь  $-\text{Se}-\text{C}$ ; в их числе различают следующие основные классы: 1) селенолы; 2) селениды; 3) селенониевые соединения; 4) селеноальдегиды и селенокетоны; 5) моно- и дисенокарбоновые кислоты; 6) селеносодержащие аминокислоты; 7) гетероциклические соединения селена. В биосфере встречаются немногие их них. Допускается, вероятным, и присутствие в почве элементарного селена [9].

Источником селена для биосферы служат изверженные породы, вулканические дымы, гидротермы, поэтому в районах современного и древнего вулканизма почвы и осадочные породы нередко им обогащены [1]. Селен содержится в сульфидных рудах, ураново-молибденовых и серных месторождениях. Обнаруживается он в комплексе с фосфоритами, свинцом, цинком, ртутью, серебром и медью [2,11,14].

В магматических породах содержание селена низкое (таблица 1; [7,10,17]). Его количество в них не превышает 0,05 мг/кг.

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

Магматические породы	Содержание	Осадочные породы	Содержание
Ультраосновные	0,02-0,05	Глины	0,4-0,6
Основные	0,01-0,05	Сланцы	0,6
Средние	0,02-0,05	Песчаники	0,05-0,08
Кислые	0,01-0,05	Известняки	0,03-0,10

Наибольшее содержание селена обнаруживается в осадочных породах, где он связан с глинистой фракцией, и поэтому наименьшие его концентрации отмечаются в песчаниках и известняках.

Содержание селена в почвах различных генетических типов изменяется в широких пределах. Его количество ниже в почвах, сформированных на вулканических породах. В среднем оно составляет 0,2-0,6 мг/кг. В почвах, сформированных на осадочных породах, содержание селена часто находится в пределах 4,5-5,0 мг/кг и в зависимости от условий формирования широко меняется, достигая иногда 100 мг/кг. Преимущественно это щелочные почвы, концентрация селена в почвенном растворе которых составляет  $10^{-6}$  молей [11,15,16].

Содержание селена в большинстве почвенных типов Российской Федерации и стран ближнего зарубежья изменяется в пределах 0,01-1,0 мг/кг. Более обогащенными являются пойменные, каштановые почвы, черноземы и сероземы (0,3-1,0 мг/кг), тогда как дерново-подзолистые и песчаные почвы относительно обеднены (0,05-0,2 мг/кг) [1,6,19].

Биогеохимический мониторинг отдельных регионов Российской Федерации выявил зоны с дефицитом селена. Почвы с различным уровнем недостатка его выявлены в Нечерноземной зоне Европейской части России, Южном Урале и Удмуртии. Потенциально такой же биогеохимической провинцией является юго-запад Карелии. Провинции селенодефицита установлены в Забайкалье. Отдельные очаги недостатка данного элемента выявлены на Северном Кавказе, в Ярославской области и лесостепной зоне. В предкавказских черноземах валового селена содержится 0,01-0,03 мг/кг. Выявлена также азональная биогеохимическая провинция с избытком селена в Уюгской и Барыкской долинах Тувы. Биогеохимическое обследование Рязанской и Московской областей, а также территорий, расположенных на северо-запад от Московской области вплоть до Архангельской включительно, показало, что валовое содержание селена в почвах колеблется в пределах 61-729 мкг/кг. Наибольшие концентрации микроэлемента (524-727 мкг/кг) определены в торфянистых, болотных, оглеенных и образованных на карбонатных породах почвах. Повышенная концентрация (608 мкг/кг) селена обнаружена в почве, обогащенной окислами железа [6.11.12].

Почвы по содержанию селена делятся на три класса [9]:

- 1) почвы с токсичными уровнями содержания селена (карбонатные, щелочные почвы, в которых селен находится в форме селенатов);
- 2) почвы не токсичные по селену (кислые почвы, обогащенные железом, и содержащие селен в количествах 1-15 мг/кг);

3) почвы с низким содержанием селена (почвы на изверженных породах и молодых вулканических отложениях).

Селен в почвах представлен селенидами ( $\text{Se}^{2-}$ ), элементарным селеном ( $\text{Se}^0$ ), селенитами ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ), селенатами ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) и органическими соединениями, преимущественно в окисленной форме (белки и аминокислоты растительных остатков). Наличие химических форм неорганического селена в почвах определяется величиной pH и окислительно-восстановительного потенциала [5,15]. В аэрируемых и щелочных почвах элемент бывает преимущественно в форме селенатов, в кислых почвах влажных районов с низким окислительно-восстановительным потенциалом – в форме селенитов или даже селенидов (при восстановлении элементарного селена). Наиболее высоко окисленные формы – селениды и селенаты (в основном селенаты) – считают доступными для растений [11].

Антропогенное воздействие, в первую очередь связанное со сжиганием ископаемого топлива, резко увеличивает долю атмосферного селена таким образом, что последний, наряду с депонированными в земле формами, становится важным источником этого микроэлемента для растений. Однако далеко не весь селен почвы доступен для растений. Так, в кислых, сильно заболоченных почвах биодоступность микроэлемента низка, хотя общее содержание может быть и значительным. Здесь большое значение имеет образование нерастворимых комплексов четырехвалентного селена с железом. В аэробных щелочных условиях преобладающая часть селена находится в окисленной форме ( $\text{Se}^{6+}$ ) и легко доступна для растений [12,13].

Существует определенная связь содержания доступного растениям селена с почвенной зональностью. Так, концентрации подвижного селена в нативных почвах лесостепной зоны – 0,180, предгорной – 0,296, горной – 0,417 мг/кг, т. е. в почвах горной зоны в 2,3 раза, а в предгорной – в 1,6 раза больше подвижного селена по сравнению с зоной лесостепи [6,11,12].

При изучении форм нахождения и трансформации соединений селена в почвах рекомендуют обратить внимание на следующие моменты [7,16,17]:

– в кислых глеевых почвах и в почвах с высоким содержанием органического вещества преобладают селениды и сульфиды селена, которые малоподвижны и поэтому труднодоступны для растений.

– в хорошо дренируемых минеральных почвах, рН которых близок к нейтральному, доминируют исключительно селениты, при этом селениты щелочных минералов растворимы, а селениты железа нерастворимы. Кроме того, селениты активно фиксируются гидроксидами и оксидами железа и поэтому труднодоступны для растений.

– в щелочных и хорошо аэрируемых почвах имеют место селенаты. Они легко растворимы, слабо фиксируются оксидами железа и достаточно подвижны, что делает их доступными для растений.

Содержание соединений селена в биосфере и его трансформация обусловлены следующими факторами [9]:

1) окислительно-восстановительные условия и рН, от которых зависят формы минеральных и частично органических соединений селена;

2) деятельность микроорганизмов и высших растений, накапливающих селен или трансформирующих его соединения в летучие органические формы;

3) адсорбция, влияющая на закрепление соединений селена в почвах и породах;

4) миграция с водными потоками, включающая выщелачивание в гумидных ландшафтах и аккумуляцию при соленакоплении в аридных областях.

Анализ диаграммы растворимости показывает, что в интенсивно окислительной среде ( $pe + pH > 15,0$ ) преобладает  $SeO_4^{2-}$  как в кислых, так и в щелочных почвах. При  $pe + pH = 7,5-15,0$  наибольшее значение имеют

как  $\text{HSeO}_3^-$ , так и  $\text{SeO}_3^{2-}$ , но  $\text{HSeO}_3^-$  должен преобладать в кислых почвах, а  $\text{SeO}_3^{2-}$  – в щелочных. В интенсивно восстановительной среде ( $p_e + \text{pH}$  менее 7,5) должен преобладать  $\text{HSe}^-$ , и только в очень сильноокислой среде вклад  $\text{H}_2\text{Se}$  в общую концентрацию селена в растворе может быть значительным. Анион  $\text{Se}^{2-}$  присутствует в очень малых количествах и не имеет существенного значения для большинства почв.

На сегодняшний день нет единой универсальной классификации форм селена в почве. Предлагаемые исследователями вытяжки для извлечения той или иной формы микроэлемента существенно различаются. В нашей стране наибольшей популярностью пользуется методика, разработанная В.В. Ермаковым и В.В. Ковальским [6], согласно которой весь селен почвы делится на пять фракций: первая – растворимая в  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , представленная органическими соединениями, селенатами и селенитами; вторая – сорбированные селениты, извлекаемые методом изотопного обмена; третья – формы селена, извлекаемые  $\text{HCl}$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$  (без идентификации); четвертая – органические соединения селена, растворимые в  $\text{NH}_4\text{OH}$ ; пятая – элементарный селен и селениды, извлекаемые азотной кислотой.

Для растений и животных селен ядовит, его соли опаснее солей  $\text{As}$ , но в малых количествах он необходим для жизни. Микроорганизмы, аналогичные серобактериям, окисляют элементарный селен до селенитов ( $\text{Se}^0 \rightarrow \text{SeO}_3^{2-}$ ). В целом биофильность селена высокая: лишь в 2 раза меньше, чем у серы (превышает бирофильность  $\text{K}$  и  $\text{Ca}$ ) [1].

Общее содержание селена в растениях зависит от типа почвы, величины  $\text{pH}$ , окислительно-восстановительного потенциала, запасов селена в почве, осадков, температуры окружающей среды и от фазы роста и развития самого растения. Основной фактор – кислотность почвы. Обычное среднее содержание элемента в растениях на щелочных почвах составляет 0,01-10,0 мг/кг сухой массы, на кислых почвах определяется от «следовых»

количество до 0,2 мг/кг. На почвах с низким содержанием селена установлена высокая эффективность селеновых удобрений [3,4,5,11].

Недостаток селена в почве приводит к нарушению обмена веществ у растений и снижает их продуктивность. Однако, из-за узкого диапазона между дефицитом и токсическим количеством его для растений, применение селеновых удобрений должно строго базироваться на данных агрохимических анализов почвы на содержание элемента.

**Цель исследований** – оценка и прогноз селенового статуса чернозема выщелоченного 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.

Для выявления действия системы удобрения севооборота на содержание селена 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. Селене в почве определяли флуориметрическим методом с использованием 2,3-диаминонафталина.

**Результаты исследований.** Валовое содержание селена в черноземе выщелоченном зависело от условий агрогенеза (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание селена в черноземе выщелоченном

Слой почвы, см	Se валовой, мг/кг	Se водорастворимый, % от валового	Se валовой, мг/кг	Se водорастворимый, % от валового
	без удобрений		N <sub>1740</sub> P <sub>1740</sub> K <sub>1160</sub>	
0-20	0,34	14,9	0,32	16,1
21-40	0,29	14,1	0,28	15,6

Количество селена было больше в неудобренной за три ротации 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота почве. В систематически удобряемой почве за 33 года валовое содержание элемента снизилось на 5,9 % в пахотном и 3,4 % - подпахотном слое. Видимо под воздействием вносимых на полях севооборота минеральных удобрений, почвенные запасы селена интенсивнее вовлекались в биологический круговорот. Поступление селена в виде примеси с минеральными удобрениями не компенсируется его отчуждением с полей возросшими урожаями сельскохозяйственных культур.

В отношении водорастворимых соединений селена в почве в условиях агрогенеза наблюдается другая обстановка. Под воздействием минеральных удобрений для водорастворимого селена в валовом его содержании возросла на 1,2 % в пахотном и 1,5 % - подпахотном слое. Иными словами, при систематическом применении подвижность селена возрастает, т.е. «расставание» почвы с этим элементом.

#### Заключение.

Систематическое применение минеральных удобрений на полях зерно-травяно-пропашного севооборота ведет к снижению валового содержания селена в черноземе выщелоченном. Удобрения способствуют повышению подвижности этого элемента и более интенсивному вовлечению его в биогеохимический круговорот химических элементов.

### Литература

1. Башкин В.Н. Биогеохимия / В.Н. Башкин. – М.: Высшая школа, 2008. – 423 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
3. Денисенко Д.В. Влияние селеновых удобрений на урожайность и качество зерна риса / д.В. Денисенко, О.А. Машонина, А.Х. Шеуджен / Удобрения и урожай. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. С. 353-355.
4. Денисенко Д.В. Отзывчивость риса на селеновые удобрения / Д.В. Денисенко, А.Х. Шеуджен // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2004. Вып. 3. С. 46-52.
5. Денисенко Д.В. Перспективы применения селеновых удобрений в рисоводстве / Д.В. Денисенко, А.Х. Шеуджен // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2004. Вып. 3. С. 53-60.
6. Ермаков В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.
7. Кабата-Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / Х. Кабата-пендиса, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. Ковда В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов. – М.: МГУ, 1959. – 67 с.
9. Орлов Д.С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – М.: Высшая школа, 2002. – 334 с.
10. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 528 с.
11. Постников А.В. Новое в использовании селена в земледелии / А.В. Постников, Э.С. Илларионова. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1991. – 44 с.
12. Торшин С.П. Биогеохимия и агрохимия селена и методы устранения селенодефицита в пищевых продуктах и кормах // С.П. Торшин, Т.М. Удельнова, Б.А. Ягодин // Агрохимия. 1996. № 8-9. С. 127-143.
13. Тутельян В.А. Селен в организме человека: метаболизм антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе / В.А. Тутельян, В.А. Княжев, С.А. Хотимченко, Н.А. Голубикина, Н.Е. Кушлинский, Я.А. Соколов. – М.: Изд-во РАМН, 2002. – 224 с.
14. Шеуджен А.Х. Биогеохимия / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. – 1028 с.
15. Шеуджен А.Х. Агрохимия и физиология питания риса / А.Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2005. – 1012 с.
16. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров. – Майкоп: Изд-во «Афиша», 2006. – 1075 с.
17. Шеуджен А.Х. Агробιοгеοхимия / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
18. Шеуджен А.Х. Биогеохимия селена / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, И.А. Лебедевский // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2013. Вып. 15. С. 242-258.
19. Шеуджен А.Х. Агрохимия селена / А.Х. Шеуджен, Е.А. Яковлева, А.Ю. Хуако // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2013. Вып. 15. С. 259-268.

### References

1. Bashkin V.N. Biogeokhimiya / V.N. Bashkin. – M.: Vysshaya shkola, 2008. – 423 s.

2. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkikh i rasseyannykh khimicheskikh elementov v pochvakh / A.P. Vinogradov. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. – 238 s.
3. Denisenko D.V. Vliyaniye selenovykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna risa / d.V. Denisenko, O.A. Mashonina, A.KH. Sheudzhen / Udobreniya i urozhay. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2005. S. 353-355.
4. Denisenko D.V. Otyvchivost' risa na selenovyye udobreniya / D.V. Denisenko, A.KH. Sheudzhen // Entuziasty agrarnoy nauki. – Krasnodar: KubGAU, 2004. Vyp. 3. S. 46-52.
5. Denisenko D.V. Perspektivy primeneniya selenovykh udobreniy v risovodstve / D.V. Denisenko, A.KH. Sheudzhen // Entuziasty agrarnoy nauki. – Krasnodar: KubGAU, 2004. Vyp. 3. S. 53-60.
6. Yermakov V.V. Biologicheskoye znacheniyе selena / V.V. Yermakov, V.V. Koval'skiy. – M.: Nauka, 1974. – 300 s.
7. Kabata-Pendias KH. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh / KH. Kabata-pendisa, KH. Pendias. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
8. Kovda V.A. Mikroelementy v pochvakh Sovetskogo Soyuzа / V.A. Kovda, I.V. Yakushevskaya, A.N. Tyuryukanov. – M.: MGU, 1959. – 67 s.
9. Orlov D.S. Ekologiya i okhrana biosfery pri khimicheskom zagryaznenii / D.S. Orlov, L.K. Sadovnikova, I.N. Lozanovskaya. – M.: Vysshaya shkola, 2002. – 334 s.
10. Perel'man A.I. Geokhimiya / A.I. Perel'man. – M.: Vysshaya shkola, 1989. – 528 s.
11. Postnikov A.V. Novoye v ispol'zovanii selena v zemledelii / A.V. Postnikov, E.S. Illarionova. – M.: VNIITEIagroprom, 1991. – 44 s.
12. Torshin S.P. Biogeokhimiya i agrokhimiya selena i metody ustraneniya selenodefitsita v pishchevykh produktakh i kormakh // S.P. Torshin, T.M. Udel'nova, B.A. Yagodin // Agrokhimiya. 1996. № 8-9. S. 127-143.
13. Tutel'yan V.A. Selen v organizme cheloveka: metabolizm antioksidanstnyye svoystva, rol' v kantserogeneze / V.A. Tutel'yan, V.A. Knyazhev, S.A. Khotimchenko, N.A. Golubikina, N.Ye. Kushlinskiy, YA.A. Sokolov. – M.: Izd-vo RAMN, 2002. – 224 s.
14. Sheudzhen A.KH. Biogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2003. – 1028 s.
15. Sheudzhen A.KH. Agrokhimiya i fiziologiya pitaniya risa / A.KH. Sheudzhen. – Maykop: GURIPP «Adygeya», 2005. – 1012 s.
16. Sheudzhen A.KH. Agrokhimiya / A.KH. Sheudzhen, V.T. Kurkayev, N.S. Kotlyarov. – Maykop: Izd-vo «Afisha», 2006. – 1075 s.
17. Sheudzhen A.KH. Agrobiogeokhimiya / A.KH. Sheudzhen. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 s.
18. Sheudzhen A.KH. Biogeokhimiya selena / A.KH. Sheudzhen, T.N. Bondareva, I.A. Lebedovskiy // Entuziasty agrarnoy nauki. – Krasnodar: KubGAU, 2013. Vyp. 15. S. 242-258.
19. Sheudzhen A.KH. Agrokhimiya selena / A.KH. Sheudzhen, Ye.A. Yakovleva, A.YU. Khuako // Entuziasty agrarnoy nauki. – Krasnodar: KubGAU, 2013. Vyp. 15. S. 259-268.