

**Анна Евгеньевна Побилат**

Клиника современной трихологии, директор, кандидат медицинских наук, Россия, Красноярск

E-mail: pobilat-anna@mail.ru

**Евгений Иванович Волошин**

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры общего земледелия и защиты растений, доктор сельскохозяйственных наук, Россия, Красноярск

E-mail: ev.voloshin@yandex.ru

**ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ СЕЛЕНА В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЕ (ОБЗОР)**

*Цель исследования – обобщить сведения о содержании селена в системе почва – растение. Селен присутствует в селеносодержащих аминокислотах, белках и окислительно-восстановительных ферментах. Он участвует в различных биологических процессах, в окислении серы и липидов, метелировании, разрушении водорода и перекисных радикалов. Почва является основным источником снабжения растений селеном. На содержание селена в агроценозах влияет гумусированность и кислотность почв, свойства и химический состав почвообразующих пород, климат, растительность и геохимическая характеристика ландшафтов региона. Селеновый пул почвы складывается из неорганических и органических соединений. Среднее содержание селена в почвах изменяется от 10 до 1000 мг/кг и более при фоновом значении 400 мг/кг. Среднее содержание селена в почвах России равно 300 мг/кг. В региональных условиях на содержание селена в почвах влияет направленность почвообразовательного процесса, уровень их плодородия и химизации земледелия. Наибольшее количество микроэлемента отмечается в почвах с высоким содержанием гумуса, глины и оксидов железа. Селен является одним из биогенных элементов, влияющих на ростовые процессы, фотосинтетическую деятельность, зимостойкость, засухоустойчивость и продуктивность сельскохозяйственных культур. Содержание селена в растениях зависит от обеспеченности почв подвижной формой элемента, их агрохимических свойств, погодных условий, фазы развития, видовых и биологических особенностей культур. Количество селена в растениях колеблется от 10 до 1000 мг/кг сухой массы при средних значениях от 0,1 до 1,0 мг/кг. В большинстве регионов России на почвах с низкой обеспеченностью селеном отмечается его дефицит в урожае сельскохозяйственных культур. Для оптимизации питания растений на почвах с недостатком микроэлемента необходимо внесение селеновых удобрений. Под влиянием этих удобрений повышается продуктивность зерновых, кормовых и овощных культур, что необходимо учитывать при планировании системы удобрения в агроценозах.*

**Ключевые слова:** селен, почва, растение, оптимизация, дефицит селена, селеновые микроудобрения.

**Anna E. Pobilat**

"Clinic of Modern Trichology", director, candidate of medical sciences, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: pobilat-anna@mail.ru

**Evgeny I. Voloshin**

Krasnoyarsk State Agrarian University, professor of the chair of general agriculture and plants protection, doctor of agricultural sciences, Russia, Krasnoyarsk

E-mail: ev.voloshin@yandex.ru

## THE FEATURES OF SELENIUM CONTENT IN THE SOIL – PLANT SYSTEM (REVIEW)

The research objective was to generalize the data on the content of selenium in the system the soil – the plant. Selenium is present in amino acids containing selenium, proteins and oxidation-reduction enzymes. It participates in various biological processes, in the oxidation of sulfur and lipids, methylation, destruction of hydrogen and radicals. The soil is the main source of the supply of plants with selenium. The content of selenium in agrocenosis is influenced by humus content and soils acidity, the properties and chemical composition of soil-forming rocks, climate, vegetation and geochemical characteristic of the landscapes of the region. Selenic pool of the soil consists of inorganic and organic compounds. The average content of selenium in the soils changes from 10 to 1000 mg/kg and more at the background value of 400 mg/kg. The average content of selenium in the soils of Russia is equal to 300 mg/kg. In regional conditions the content of selenium in the soils is influenced by the orientation of the soil-forming process, the level of their fertility and chemicalization of agriculture. The greatest number of trace elements is noted in the soils with high content of humus, clay and oxides of iron. Selenium is one of biogenous elements influencing the growth processes, photosynthetic activity, winter hardiness, drought resistance and the efficiency of crops. The content of selenium in plants depends on the security of soils with a mobile form of the element, their agrochemical properties, weather conditions, the phase of development, specific and biological features of the cultures. The amount of selenium in the plants fluctuates from 10 to 1000 mg/kg of dry weight at average values from 0.1 to 1.0 mg/kg. In the majority of regions of Russia on the soils with low supply of selenium its deficiency in the yield of crops was noted. The optimization of plants nutrition on the soils with the lack of trace elements requires introduction of selenic fertilizers. Under the influence of these fertilizers the efficiency of grain, forage and vegetable crops increases, which is necessary to consider when planning the system of fertilizer in the agrocenosis.

**Keywords:** selenium, soil, plant, optimization, selenium deficiency, selenic microfertilizers.

**Введение.** Селен является жизненно необходимым микроэлементом для животных и человека. Этот ультрамикроэлемент участвует в антиоксидантных процессах, входит в состав четырех активных центров фермента глутатионпероксидазы, способствует выведению тяжелых металлов из организма, поддерживает иммунитет и повышает устойчивость к вирусным заболеваниям. При дефиците селена в экосистеме у человека и сельскохозяйственных животных проявляются различные заболевания [32].

В агроценозах система почва – растение является стартовым звеном пищевой цепочки, в которой формируется поток минеральных компонентов, поглощаемых человеком. От содержания селена в почве зависит их элементный состав, качество растительной продукции и состояние здоровья населения. В связи с увеличением количества эндемических заболеваний, связанных с дефицитом селена в продукции, возникает необходимость в изучении закономерностей содержания микроэлемента в почвах и растениях и разработке мероприятий по улучшению качества продукции. Проведение исследований по этой проблеме будет способствовать повышению

элементного состава растительной продукции, ее качественных показателей и улучшению селенового статуса населения.

**Цель исследования:** обобщить сведения о содержании селена в системе почва – растение.

**Результаты исследования****Селен в почвах и растениях агроценозов**

**Почва.** Селен является рассеянным ультрамикроэлементом, входящим в состав минералов – самородного селена, селенидов, селенитов и селенатов [26]. Среди природных минералов селена наибольшее распространение получили селениды металлов.

По содержанию селена магматические породы практически не отличаются, его количество в них не превышает 0,05 мг/кг [29]. Наибольшее количество микроэлемента отмечается в песчаниках и известняках. При химическом выветривании горных пород селен быстро окисляется. Степень окисления и растворимость элемента зависит от окислительно-восстановительных условий и реакции среды. В процессе биологического метелирования образуются летучие формы микроэлемента. Селениты хорошо адсорбируются глинистыми минералами, особенно монтмо-

риллонитом и оксидами железа. В резко окислительных и восстановительных условиях селен является геохимическим аналогом серы.

В кислых почвах и при высоком содержании в них органического вещества преобладают селениды и сульфиды селена, являющиеся малоподвижными и труднодоступными соединениями для растений [3]. В почвах с нейтральной реакцией среды доминируют селениты. Соединения селена со щелочными металлами характеризуются высокой растворимостью, селениты железа нерастворимы. В щелочных почвах в больших количествах преобладают селенаты. Эти соединения легко растворимы в почвенном растворе и характеризуются высокой доступностью для растений.

Селеновый пул почвы складывается из неорганических и органических форм микроэлемента. Кларк селена в почвах мира равен 400 мкг/кг [7]. Эталонной почвой по количеству микроэлемента являются черноземы из заповедников Курской области. На содержание селена в почвах большое влияние оказывают условия их почвообразования и содержание элемента в составе почвообразующих пород. В почвах, сформировавшихся на вулканических породах, содержание селена выше, в сравнении с аналогами, образующимися на глинах, песчаниках и известняках [29]. На концентрацию селена в почвах оказывает влияние климат. Почвы с высоким содержанием элемента распространены в регионах с аридным климатом. На концентрацию и распределение селена в почвах также оказывает влияние уровень химизации земледелия. Систематическое внесение с удобрениями серы и фосфора снижает доступность селена растениям.

Содержание селена в разных типах почв изменяется от 10 до 1000 мкг/кг и более [14]. В среднем по России концентрация селена в почвах равна 300 мкг/кг. При низком количестве селена в почвах регион определяется как селенодефицитный, при среднем и высоком недостаток элемента отсутствует. К селенодефицитным провинциям относится Нечерноземная зона России, Южный Урал, Удмуртия, Карелия, Якутия, Забайкалье, Приморский край [13].

Почва и почвообразующие породы определяют основную биогеохимическую роль селена. От состава почвообразующих пород, их геохимических особенностей зависит концентрация

селена в почвах с неодинаковой направленностью почвообразовательных процессов. В региональных условиях содержание селена в почвах подвержено большим колебаниям. Наибольшее количество микроэлемента отмечается в почвах с высоким содержанием гумуса, глины и оксидов железа. В большинстве почв селен аккумулируется в гумусовом горизонте и постепенно снижается к почвообразующей породе. Геохимическим барьером для аккумуляции селена являются карбонатный и железистый (охряный) горизонты [3]. В почвах селен может одновременно накапливаться с серебром, бором, молибденом и является антагонистом к мышьяку, снижает степень его поступления в растения.

В почвах Восточного Забайкалья содержание селена изменяется в пределах 120–290 мкг/кг [13], Алтайского края – 100–480 [15], Амурской области – 52–300 мкг/кг [19]. В почвах Западной Сибири концентрация селена колеблется в пределах 0,1–0,8 мг/кг. Более высокое содержание селена (0,5 мг/кг) наблюдается в высоко гумусированных тяжелосуглинистых почвах Барабинской и Ишимской равнин [20]. На территории Западно-Сибирской низменности селенодефицит практически не проявляется, а концентрация элемента в почвах наследуется от свойств материнских пород и убывает в направлении от Кемеровской области на север в сторону Новосибирской области [25].

На поведение селена в почвах Республики Тыва достоверное влияние оказывают содержание гумуса, карбонатов, физической глины и величина емкости поглощения [21]. Среднее содержание селена в разных типах почв колеблется в пределах 0,121–0,21 мг/кг. Биогенная аккумуляция микроэлемента выявлена в горно-лесных черноземовидных, горно-луговых и черноземных почвах с высоким содержанием гумуса. В почвенном профиле большинства почв микроэлемент распределен равномерно или уменьшается вниз к почвообразующей породе.

По данным Л.Н. Барабанщиковой [4], валовое содержание селена в почвах Северного Зауралья колеблется в пределах 223–973 мг/кг при средней концентрации 447 мг/кг. По среднему содержанию микроэлемента почвы региона располагаются в следующий убывающий ряд: луговая (907 мг/кг) > аллювиальная (502) > чернозем выщелоченный (426) > серая лесная

(374 мг/кг). Во всех типах почв содержание селена в гумусовом горизонте выше в сравнении с почвообразующей породой. Количество водорастворимой формы элемента в зональных почвах колеблется в пределах 6,5–35,8 мг/кг, что составляет 1,5–9,1 от валового содержания селена.

Аккумуляция селена в черноземах Пензенской области зависит от подтипа почв, содержания гумуса, pH и характера использования пашни [17]. Длительное антропогенное использование пахотных угодий из-за уменьшения в них содержания гумуса и кальция приводит к снижению концентрации селена в сравнении с целинными аналогами. По среднему валовому содержанию микроэлемента подтипы черноземов располагаются в следующий ряд: чернозем типичный – 335 мкг/кг, выщелоченный – 153 и оподзоленный – 92 мкг/г.

В зависимости от эколого-геохимических условий и типа почв содержание в них селена изменяется. По данным В.А. Боева [5], содержание селена в основных типах и подтипах почв Тюменской области связано с гумусированностью и реакцией почвенного раствора. Среднее валовое содержание элемента в региональных почвах юга области составляет 0,258 мг/кг. Наибольшее количество селена отмечается в лугово-аллювиальных почвах (0,333 мг/кг) и наименьшее – в серых лесных (0,179–0,232). При техногенном загрязнении концентрация элемента в почвах возрастает (0,413 мг/кг).

Валовое содержание селена в почвах сельскохозяйственных угодий Оренбургской области колеблется в пределах 100–743 мкг/кг. При этом высокий и низкий уровни селена обнаруживаются не только в пределах области, но и в отдельных районах. Количество селена в ландшафтах носит мозаичный характер и связано со спецификой геохимической характеристики региона [6]. Такие же закономерности в содержании селена наблюдаются в почвах некоторых районов Республики Коми, где среднее содержание элемента составляет 316 мкг/кг [27].

А.В. Синдирева в Омской области выявила большую вариабельность селена в почвах таежной, подтаежной, лесостепной и степной зон региона [24]. Среднее содержание валового селена в почвах составляет 0,16–0,51 мг/кг и подвижной формы – 0,02–0,11 мг/кг. Концентрация микроэлемента в почвах области изменяется в

зависимости от типа почв, их кислотности, количества гумуса и других факторов.

Более низким содержанием валового селена (< 50 мкг/кг) характеризуются дерново-подзолистые и серые лесные почвы Северо-Восточного Нечерноземья, в которых концентрация микроэлемента также определяется основными агрохимическими показателями плодородия почв. На основании локального мониторинга установлена большая дефицитность элемента при возделывании большинства сельскохозяйственных культур [2].

**Растения.** Селен является одним из биогенных элементов, оказывающим влияние на ростовые процессы, фотосинтетическую деятельность, зимостойкость, засухоустойчивость и продуктивность сельскохозяйственных культур. Селен обладает схожими химическими свойствами с серой, поэтому поглощается внутри растений с помощью сульфатных переносчиков и усваивается с помощью серы [30].

Содержание селена в растениях зависит от обеспеченности почв подвижной формой элемента, их агрохимических свойств, погодных условий, фазы развития и биологических особенностей растений. В растениях селен находится в неорганической (селенаты и селениты) и органической формах [22]. В.В. Ермаков и В.В. Ковальский по способности усваивать и накапливать селен разделили растения на три группы: к первой относятся растения-накопители, содержащие от 500 до 15000 мг/кг сухой массы [16]. Вторая группа представлена растениями умеренными – накопителями селена, содержащими от 50 до 500 мг/кг сухой массы. Третья группа включает растения, которые содержат до 50 мг/кг селена. К этой группе относятся все возделываемые сельскохозяйственные культуры, многие дикие злаки и ряд бобовых растений. Среднее содержание селена в растениях колеблется в пределах 0,1–1,0 мг/кг [26]. При содержании селена в растениях ниже 0,05 мг/кг в них отмечается дефицит микроэлемента. А. Cabata – Pendas считает, что нормальная концентрация селена в листьях растений равна 0,01–2,0 мг/кг и токсичная – 5–30 мг/кг [29].

Содержание селена в растениях колеблется в пределах 10–1100 мкг/кг сухой массы [9, 24, 28]. Основная причина изменений концентрации селена в растениях связана с их способностью на-

капливать, трансформировать и перераспределять этот элемент [29, 31]. Поглощение, перемещение и распределение селена зависит от вида культуры, фаз развития, формы и концентрации элемента, физиологических условий, активности и механизмов транслокации растений [31]. Наибольшее количество селена в растениях наблюдается в аридных зонах, районах морских побережий и промышленных предприятий. В региональных условиях на содержание элемента в растениях оказывает влияние обеспеченность почв селеном, погодные условия, биологические и видовые особенности сельскохозяйственных культур. Содержание селена в естественных травах колеблется в пределах 2–174 мкг/кг [3]; многолетних травах – 64–108 [9]; зерне пшеницы – 10–421; ячменя – 4–200; овса – 5–248; ржи – 5–52 [10]; козлятнике – 140–150 мкг/кг [8]. МДУ селена в кормах для сельскохозяйственных животных колеблется в пределах 0,5–2,0 мг/кг [16].

На почвах с низкой обеспеченностью селеном в урожае большинства сельскохозяйственных культур отмечается дефицит микроэлемента [3, 9, 13, 24, 28]. На уровень содержания селена в почвах оказывает влияние техногенное загрязнение природных комплексов. Интенсивное применение фосфорных удобрений, загрязнение почв тяжелыми металлами и другими экотоксикантами могут стать причиной появления селенодефицита отдельных районов.

Для оптимизации питания растений при низком содержании селена в почвах необходимо внесение селеновых удобрений. Наиболее эффективными и экономически оправданными способами внесения являются предпосевная обработка и некорневая подкормка растений растворами микроудобрений. Научно обоснованное применение селеновых удобрений на дерново-подзолистых почвах и черноземах оказывает положительное влияние на накопление селена в растительной продукции и повышает продуктивность овощных, зерновых и кормовых культур [1, 3, 8, 11, 12, 18, 22, 23, 28]. Особенности влияния селеновых удобрений на продуктивность полевых культур необходимо учитывать при планировании системы удобрений и оптимизации селенового статуса в агроценозах.

**Заключение.** Содержание селена в агроценозах зависит от условий почвообразования, направленности и интенсивности почвообразо-

вательных процессов, свойств почв, состава почвообразующих пород, количества подвижной формы элемента, климатических условий, антропогенных факторов, биологических и видовых особенностей растений.

На почвах с дефицитом селена для оптимизации питания растений, улучшения элементного состава продукции и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо рациональное применение селеновых микроудобрений.

## Литература

1. Александровская Е.Ю., Синдирева А.В., Голубкина Н.А. и др. Влияние селена на урожайность и показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2006. № 1. С. 98–104.
2. Аристархов А.Н., Бусыгин А.С., Яковлева Т.А. Эколого-агрохимическая оценка содержания селена в почвах и растениях Северо-Восточного Нечерноземья // Агрохимия. 2018. № 11. С. 67–77.
3. Аристархов А.Н. Оптимизация полиэлементного состава в агроэкосистемах России. Эколого-агрохимическая оценка состояния, дефицита, резервов, способов и средств управления. М.: Изд-во ВНИИА, 2019. 832 с.
4. Барабанщикова Л.Н. Содержание и распределение селена в агроландшафтах Северного Зауралья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тюмень, 2013. 18 с.
5. Боев В.А. Se в почвах и сельскохозяйственных культурах юга Тюменской области // Вестник ТюмГУ. 2013. № 12. С. 112–120.
6. Бурцева Т.И. Совершенствование системы экологического мониторинга селенового статуса населения (на примере Оренбургской области): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2016. 48 с.
7. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 237 с.
8. Вихрева В.А., Блинноватов А.А., Клейменова Т.В. Селен в жизни растений. Пенза: Изд-во ПГСХА, 2012. 225 с.

9. Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании: растение, животное, человек. М.: Печатный городок, 2006. 255 с.
10. Голубкина Н.А. Аккумуляция селена зерновыми культурами России // Доклады РАСХН. 2007. № 5. С. 6–9.
11. Денисенко Д.В. Агроэкологическая эффективность применения селенового удобрения под рис: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2007. 24 с.
12. Долгодворцева А.П., Воронина А.П. Оценка действия селена на растения ярового ячменя на фоне минеральных удобрений // Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 4. С. 23–27.
13. Ермаков В.В. Биогеохимия селена и его значение в профилактике эндемических заболеваний человека // Вестник отделения наук о земле РАН. 2004. № 1. С. 1–17.
14. Ермаков В.В. Миграция селена в биогеохимических пищевых цепях ландшафтов России // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2008. № 2. С. 3–10.
15. Майманова Т.М. Селен в основных компонентах Горного Алтая: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 19 с.
16. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. М., 1987. 5 с.
17. Надеждкина Е.В., Вихрева В.А. Агроэкологическая оценка содержания селена в почвах Пензенской области // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2013. Т. 19, № 14. С. 36–39.
18. Назаров В.О., Леонтьева Ю.Г. Роль селеносодержащих биологически активных веществ в повышении качества зерна мягкой яровой пшеницы // Плодородие. 2012. № 2. С. 41–43.
19. Перепелкина Л.И., Шишкин В.В. Влияние экологических условий на уровень содержания селена в почвах и кормах // Вестник Алтайского ГАУ. 2010. № 11. С. 20–24.
20. Полосина А.В. Селен в почвообразующих породах и почвах Новосибирской области // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 9–12.
21. Пузанов А.В. Приоритетные микроэлементы (I, Mn, CO, Cu, Zn, Hg) в наземных экосистемах Тувинской горной области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2005. 43 с.
22. Серегина И.И., Ниловская Н.Т. Биологическая роль селена в растениях // Агрохимия. 2002. № 10. С. 76–85.
23. Серегина И.И. Продуктивность и адаптивная способность сельскохозяйственных культур при использовании микроэлементов и регуляторов роста: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2008. 47 с.
24. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва – растение – животное: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2012. 32 с.
25. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
26. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия. 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2010. 877 с.
27. Ширшова Т.И., Бешлей И.В., Голубкина Н.А. Содержание селена в почвах некоторых районов Республики Коми // Известия Коми научного центра Уро РАН. 2018. № 2 (34). С. 43–48.
28. Шубина О.И., Кашин В.К. Влияние селена на яровую пшеницу в условиях селенодефицитной биогеохимической провинции // Агрохимия. 2012. № 5. С. 45–51.
29. Cabata – Pendas A. Trase Elements in Soils and Plant. 4<sup>th</sup> Bosa Raton, FL: CrsPress, 2010. 548 p.
30. Dumont E., Vanhaecke F., Cornelus R. (2006) Selenium speciation from food source to metabolites: a critical review // Anal. Bioanal. Chem. 385, 1304–1323.
31. Renkema H., Koopmans A., Kersbergen L. et al. (2012) The effect of transpiration on selenium uptake and mobility in durum wheat and spring canola. Plant Soil. 354, 239 – 250.
32. Wallace K., Kelsey K.T., Schned A., Morris J.S. et al. Se and risk of bladder cancer: a population – based case – control study. Cancer Prev. Res. 2009, 2, 70–73.

## Literatura

1. Aleksandrovskaia E.Ju., Sindireva A.V., Golubkina N.A. i dr. Vlijanie selena na urozhajnost' i pokazateli kachestva zerna jarovoj m'jagkoj pshenicy v uslovijah juzhnoj lesostepi Omskoj oblasti // Vestnik Omskogo GAU. 2006. № 1. S. 98–104.
2. Aristarhov A.N., Busygin A.S., Jakovleva T.A. Jekologo-agrohimičeskaja ocenka sodержanija selena v pochvah i rastenijah Severo-Vostochnogo Nechernozem'ja // Agrohimiya. 2018. № 11. S. 67–77.
3. Aristarhov A.N. Optimizacija polijelementnogo sostava v agrojekosistemah Rosssii. Jekologo-agrohimičeskaja ocenka sostojanija, deficita, rezervov, sposobov i sredstv upravlenija. M.: Izd-vo VNIIA, 2019. 832 s.
4. Barabanshnikova L.N. Soderzhanie i raspredelenie selena v agrolandshaftah Severnogo Zaural'ja: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Tjumen', 2013. 18 s.
5. Boev V.A. Se v pochvah i sel'skohozjajstvennyh kul'turah juga Tjumenskoj oblasti // Vestnik TjumGU. 2013. № 12. S.112–120.
6. Burceva T.I. Sovershenstvovanie sistemy jekologičeskogo monitoringa selenovogo statusa naselenija (na primere Orenburgskoj oblasti): avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. M., 2016. 48 s.
7. Vinogradov A.P. Geohimiya redkih i rassejannyh jelementov v pochvah. M.: Izd-vo AN SSSR, 1957. 237 s.
8. Vihreva V.A., Blinnohvatov A.A., Klejmeneva T.V. Selen v zhizni rastenij. Penza: Izd-vo PGSHA, 2012. 225 s.
9. Golubkina N.A., Papazjan T.T. Selen v pitanii: rastenie, zhivotnoe, chelovek. M.: Pechatnyj gorodok, 2006. 255 s.
10. Golubkina N.A. Akkumuljacija selena zernovymi kul'turami Rossii // Doklady RASHN. 2007. № 5. S. 6–9.
11. Denisenko D.V. Agrojekologičeskaja jeffektivnost' primenenija selenovogo udobrenija pod ris: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Krasnodar, 2007. 24 s.
12. Dolgodvorceva A.P., Voronina A.P. Ocenka dejstvija selena na rastenija jarovogo jachmenja na fone mineral'nyh udobrenij // Problemy agrohimii i jekologii. 2014. № 4. S. 23–27.
13. Ermakov V.V. Biogeohimiya selena i ego znachenie v profilaktike jendemicheskih zabolevanij cheloveka // Vestnik otdelenija nauk o zemle RAN. 2004. № 1. S. 1–17.
14. Ermakov V.V. Migracija selena v biogeohimičeskikh pishhevych cepjah landshaftov Rossii // Problemy biogeohimii i geohimičeskoi jekologii. 2008. № 2. S. 3–10.
15. Majmanova T.M. Selen v osnovnykh komponentah Gornogo Altaja: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2003. 19 s.
16. Vremennyj maksimal'no dopustimyj uroven' (MDU) sodержanija nekotorykh himičeskikh jelementov i gossipola v kormah dlja sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh i kormovyh dobavkah. M., 1987. 5 s.
17. Nadezhdkina E.V., Vihreva V.A. Agrojekologičeskaja ocenka sodержanija selena v pochvah Penzenskoj oblasti // Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta. 2013. T. 19, № 14. S. 36–39.
18. Nazarov V.O., Leont'eva Ju.G. Rol' selenosoderzhashhih biologičeski aktivnyh veshhestv v povyshenii kachestva zerna m'jagkoj jarovoj pshenicy // Plodorodie. 2012. № 2. S. 41–43.
19. Perepelkina L.I., Shishkin V.V. Vlijanie jekologičeskikh uslovij na uroven' sodержanija selena v pochvah i kormah // Vestnik Altajskogo GAU. 2010. № 11. S. 20–24.
20. Polosina A.V. Selen v pochvoobrazujušhih porodah i pochvah Novosibirskoj oblasti // Sibirskij jekologičeskij zhurnal. 2009. № 2. S. 9–12.
21. Puzanov A.V. Prioritetnye mikrojelementy (I, Mn, CO, Cu, Zn, Hg) v nazemnyh jekosistemah Tuvinskoj gornoj oblasti: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. Novosibirsk, 2005. 43 s.
22. Seregina I.I., Nilovskaja N.T. Biologičeskaja rol' selena v rastenijah // Agrohimiya. 2002. № 10. S. 76–85.
23. Seregina I.I. Produktivnost' i adaptivnaja sposobnost' sel'skohozjajstvennyh kul'tur pri ispol'zovanii mikrojelementov i reguljatorov rosta: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. M., 2008. 47 s.
24. Sindireva A.V. Kriterii i parametry dejstvija mikrojelementov v sisteme pochva – rastenie – zhivotnoe: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. Tjumen', 2012. 32 s.

25. Syso A.I. Zakonomernosti raspredelenija himicheskikh jelementov v pochvoobrazujushhih porodah i pochvah Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. 277 s.
26. Sheudzhen A.H. Agrobiogeohimija. 2-e izd., pererab. i dop. Krasnodar: Izd-vo KubGAU, 2010. 877 s.
27. Shirshova T.I., Beshlej I.V., Golubkina N.A. Soderzhanie selena v pochvah nekotoryh rajonov Respubliki Komi // Izvestija Komi nauchnogo centra Uro RAN. 2018. № 2 (34). S. 43–48.
28. Shubina O.I., Kashin V.K. Vlijanie selena na jarovuju pshenicu v uslovijah selenodeficitnoj biogeohimicheskoj provincii // Agrohimiya. 2012. № 5. S. 45–51.
29. Cabata – Pendias A. Trase Elements in Soilsand Plant. 4th Bosa Raton, FL: CrsPress, 2010. 548 p.
30. Dumont E., Vanhaecke F., Cornelus R. (2006) Selenium speciation from food source to metabolites: a critical review // Anal. Bioanal. Chem. 385, 1304–1323.
31. Renkema H., Koopmans A., Kersbergen L. et al. (2012) The effect of transpiration on selenium uptake and mobility in durum wheat and spring canola. Plant Soil.354, 239 – 250.
32. Wallace K., Kelsey K.T., Schned A., Morris J.S. et al. Se and risk of bladder cancer: a population – based case – control study. Cancer Prev. Res. 2009, 2, 70–73.

