

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СЕЛЕНОВЫЙ СТАТУС КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Голубкина \*

Всероссийский институт селекции и семеноводства овощных культур, Агрохимический испытательный центр

**РЕЗЮМЕ.** Уровень обеспеченности селеном объектов окружающей среды во многом определяет продолжительность жизни населения и устойчивость к хроническим заболеваниям века. Оценка селенового статуса территории России представляется крайне сложной проблемой ввиду огромной территории страны, разных геохимических условий и уровней антропогенного загрязнения регионов, а также необходимости осуществления комплексных обследований не только населения, но также продуктов питания и объектов окружающей среды. Цель настоящего исследования – оценка селенового статуса Калининградской области, расположенной в зоне селенового дефицита. Выявленные уровни селена в сыворотке крови жителей оказались одними из самых низких, зарегистрированных в Европейской части России, и составили 75–77 мкг/л. Содержание селена в зерновых достигало 15–70 мкг/кг. Наиболее низкие уровни микроэлемента в говядине (73–86 мкг/кг сырой массы) были характерны для Неманского и Правдинского районов, граничащих с селенодефицитными странами: Польшей и Литвой. Концентрация селена в курином мясе не превышала 100 мкг/кг и была в среднем в 2 раза ниже, чем соответствующие показатели для регионов России с широко развитым птицеводством. В листьях древесной растительности и грибах уровень селена был значительно ниже 50 мкг/кг сухой массы. Показана меж- и внутривидовая вариабельность в уровнях накопления селена растениями. Впервые установлена способность листьев облепихи в условиях селенодефицита накапливать значительные количества микроэлемента на побережье Балтийского моря. Рассмотрены возможные пути решения проблемы селенодефицита в регионе.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дефицит селена, Калининградская область, сыворотка крови, продукты питания, листья деревьев и кустарников, грибы.

### ВВЕДЕНИЕ

Селен является эссенциальным микроэлементом для млекопитающих, он необходим для биосинтеза селенопротеинов. Многие из последних представляют собой ферменты, участвующие в антиоксидантной защите организма и функционировании гормонов щитовидной железы (Rayman et al., 2008). Чаще всего в качестве маркера уровня обеспеченности селеном человека используют показатель активности селенозависимой глутатионпероксидазы (Elson et al., 2006). Установлено, что около 100 мкг селена в 1 л сыворотки/плазмы крови (Alfthan et al., 1991; Duffiels et al., 1999) соответствуют максимальной активности фермента. Адекватный уровень селенового статуса человека обеспечивает снижение риска возникновения и развития сердечно-сосудистых заболеваний, а также некоторых форм рака, повышает иммунитет, защищает от вирусных инфекций, мужского бесплодия, необходим при беременности, нормализует настроение (Rayman, 2002) и, как предполагают, способствует здоровью костей (Ebert et al., 2006).

Приоритетность оценки селенового статуса населения определяет проведение во всем мире интенсивных эпидемиологических исследований, а также оценки содержания селена в почве, продуктах питания и укусах (Oldfield, 1999; Stoffaneller, Morse, 2015). Оценка селенового статуса территории России представляется крайне сложной проблемой ввиду огромной территории страны, разных геохимических условий и уровней антропогенного загрязнения как антагонистами селена – тяжелыми металлами, так и самим селеном, и отсутствием единой государственной программы.

Первые наиболее подробные данные обеспеченности селеном населения России были осуществлены в содружестве с Финляндией в 1990–1995 гг. По окончании программы «Селена» последующие исследования стали носить крайне фрагментарный характер (Голубкина, Папазян, 2006). Единственные проводимые в настоящее время крупномасштабные исследования АНО «Центр биотической медицины» (Москва) по оценке содержания селена в волосах (Скальный и

\* Адрес для переписки:

Голубкина Надежда Александровна  
E-mail: segolubkina45@gmail.com

др, 2010) не дают возможности связать уровни концентрации селена в волосах с активностью важнейших селеносодержащих ферментов.

Цель исследования – установление отдельных показателей селенового статуса территории Калининградской области, находящейся в зоне риска дефицита микроэлемента.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы сыворотки крови жителей Калининграда и его пригорода (пос. Момоново и пос. Нестерово) получены в областной станции переливания крови ( $n=90$ ).

Образцы говядины из пяти районов области ( $n=20$ ), а также куриные яйца ( $n=10$ ), отбирали на рынках и в магазинах Калининграда. Сыворотку крови и образцы мяса хранили при  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до начала анализа.

Образцы зерновых (пшеница, овес, ячмень, рожь) получены на станции санэпиднадзора Калининградской области ( $n=16$ ). Пробы высушивали при  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до постоянного веса и гомогенизировали.

Листья деревьев, кустарников, а также грибы и лишайники собирали в Зеленоградском районе, включая территорию Куршской косы, высушивали при комнатной температуре и гомогенизировали. В качестве образцов сравнения использовали соответствующие растительные пробы, собранные на территории Лосиног острова (Москва) и в пригороде Воскресенска (Моск. обл.).

Районы, где отбирались образцы сыворотки крови, продуктов питания и растительного материала, представлены на рис. 1.

Содержание селена устанавливали флуориметрическим методом (Alfthan, 1984), используя в каждом определении в качестве референс-стандартов лиофилизированную мышечную ткань, пшеничную и ржаную муку (сельскохозяйственный центр Финляндии) и сыворотку крови с регламентируемым содержанием селена соответственно 394 мкг/кг, 57 мкг/кг, 27 мкг/кг, 76 мкг/л.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Калининградская область относится к Северо-Западному административному округу и граничит с селенодефицитными странами Балтии и Польшей. Обследование населения Калининграда и его пригорода выявило низкие концентрации микроэлемента в сыворотке доноров крови (табл. 1).

Выявленные уровни селена в сыворотке крови жителей ставят Калининградскую область по уровню обеспеченности микроэлементом в один ряд с селенодефицитными странами Евро-

пы: Чехией, Германией, Эстонией, Словенией, Беларусью, Грецией, Великобританией, Испанией, Польшей и Португалией (рис. 2). Установлено, что низкое потребление селена населением Восточной Европы определяется низким содержанием селена в почвах (Stoffaneller, Morse, 2015).

Сравнение полученных результатов обследования населения Калининградской области по обеспеченности селеном с аналогичными данными для других регионов Европейской части

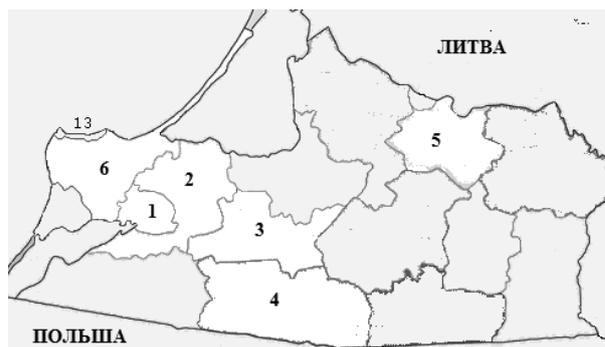


Рис. 1. Районы отбора проб:

1 – Калининград; 2 – Гурьевский район;  
3 – Гвардейский район; 4 – Правдинский район;  
5 – Неманский район; 6 – Зеленоградский район

Таблица 1. Содержание селена в сыворотке крови жителей Калининградской области (мкг/л)

Город (населенный пункт)	$n$	$M \pm SD$	Интервал концентраций
Калининград	30	$74 \pm 10^*$	48–93
Нестерово	30	$76 \pm 14^*$	75–103
Мамоново	30	$77 \pm 12^*$	63–102

Примечание: \* – различия не достоверны,  $p > 0,5$ .

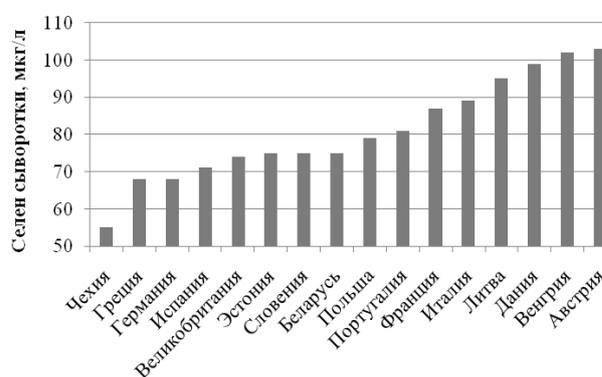


Рис. 2. Средние уровни селена в сыворотке крови жителей отдельных стран Европы (Stoffaneller, Morse, 2015)

России (рис. 3) свидетельствует о критически низких показателях селенового статуса населения области. Как видно из представленных на рис. 3 данных, уровень обеспеченности селеном жителей Европейской части России возрастает в ряду: Псковская обл. < Калининградская обл. < республика Коми < Костромская обл. < Ярославская обл. = Рязанская обл. = Новгородская обл. = Брянская обл. = Чувашия < Татарстан = Тульская обл. = Карелия. Очевидно, что Северо-Западный административный округ требует осуществления интенсивных мер по оптимизации селенового статуса населения.

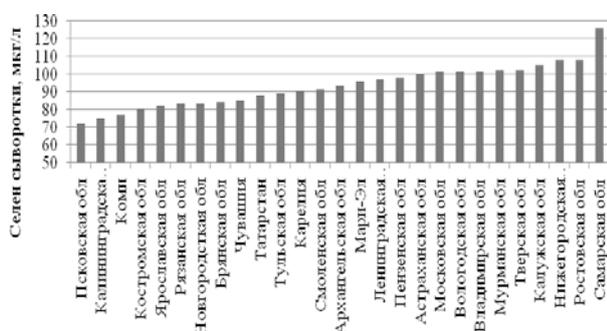


Рис. 3. Средние уровни селена в сыворотке крови жителей Европейской части России

Таблица 2. Содержание селена в зерновых Калининградской области (мкг/кг)

Наименование	n	Содержание селена	Интервал концентраций
Пшеница	8	70±23*	51–104
Мука пшеничная	5	22±6	17–35
Белый хлеб	6	85±27	58–112
Ячмень	3	69±14*	61–90
Овес	3	55±5	45–75
Рожь	4	15±6	9–22

Примечание: \* – значения статистически не различаются,  $p > 0,5$ .

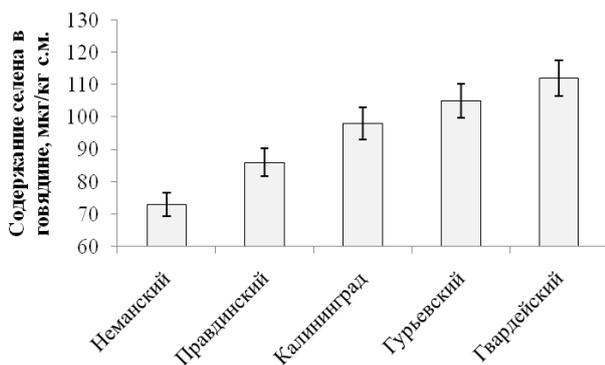


Рис. 4. Содержание селена в говядине Калининградской области

Последнее представляется особенно важным для Калининградской области в связи с тем, что по сравнению с другими регионами страны этот регион отличается повышенной смертностью мужчин от рака предстательной железы, женщин – от рака молочной железы (Vallin et al., 2005). Известна защитная роль селена именно для этих онкологических заболеваний (Clark et al., 1996; Babaknejad et al., 2014). Смертность от злокачественных новообразований занимает в регионе второе место после болезней системы кровообращения. По данным Роспотребнадзора в 2015 г. в Калининградской области было зарегистрировано 3 039 случаев заболевания раком. Первое место занимают злокачественные образования молочной железы (14,8%), второе – рак кожи (9,8%), третье — трахеи, бронхов или лёгкого (8,9%). В 2015 г. в регионе смертность от сердечно-сосудистых заболеваний оставалось на первом месте в структуре смертности.

Данные содержания селена в зерновых, мясе сельскохозяйственных животных и птицы подтверждают критическую ситуацию в Калининградской области. Так, уровень селена в зерне не превышал 70 мкг/кг и снижался в ряду: пшеница=ячмень>овес>рожь (табл. 2).

Уровни селена в говядине Калининградской области (рис. 4) находились в интервале концентраций от 73 до 112 мкг/кг сырой массы и были наименьшими в Неманском и Правдинском районах, соседствующих непосредственно с селенодефицитными Литвой и Польшей соответственно. Установленные уровни содержания селена в говядине Польши (Pilarczyk et al., 2010) практически не отличались от найденных нами значений в 86 мкг/кг сырой массы для Правдинского района Калининградской области. Показательно, что даже в курином мясе уровень селена не превышал 102 мкг/кг (98-102 мкг/кг сырой массы), а содержание микроэлемента в куриных яйцах составляло 7-9 мкг/яйцо, хотя селенит натрия используется в составе всех премиксов птицеводства России, как компонент питания, предупреждающий развитие экссудативного диатеза, мышечной дистрофии и фиброза поджелудочной железы (Голубкина, Папазян, 2006). Это наименьшие показатели содержания селена в курином мясе, зарегистрированные на территории России, значения в два раза ниже, чем соответствующие показатели для куриного мяса Волгоградской, Курской, Самарской, Тюменской областей и Ставропольского края (Голубкина, Папазян, 2006).

О критическом положении в селеновом статусе Калининградской области свидетельствуют крайне низкие значения содержания микроэле-

мента в грунтовых водах Зеленоградского района (31 нг/л) и в водопроводной воде Калининграда (9 нг/л), а также предельно низкие уровни селена в древесной растительности и грибах (табл. 3).

Особенно обращают внимание низкие уровни накопления селена грибами, активно участвующими в вовлечении макро- и микроэлементов в природные круговороты (Falandysz & Borovicka, 2013). Так, уровень селена в сыроежках Заостровья оказался в 20 раз ниже зарегистриро-

ванных значений для Московской области (Голубкина, Папазян, 2006) и в 460 раз ниже значений, характерных для сыроежек пригорода Воскресенска с выраженной эмиссией микроэлемента в связи с производством минеральных удобрений (Голубкина и др., 2015). Содержание селена в груздях Заостровья, маслятах и ложнодождевике Куршской косы было в 60, 26 и 62 раза ниже соответствующих показателей грибов Московской области.

Таблица 3. Содержание селена в древесной растительности, грибах и лишайниках Зеленоградского района (Заостровье и Куршская коса)

Объект	Содержание селена, мкг/кг	
	Зеленоградский р-н	Литературные данные
Боярышник ( <i>Crataegus sanguinea</i> )	Следы	–
Липа ( <i>Tilia cordata</i> )	3±1	104 (Лосиный остров), 63 (Хабаровск)
Ежевика ( <i>Rubus vulgáris</i> )	4±1	–
Бузина красная ( <i>Sambucus racemosa</i> )	8±2	–
Дуб ( <i>Quercus</i> )	10±2	–
Береза ( <i>Betula pendula</i> )	25±3	157 (Лосиный остров)
Бук краснолистный ( <i>Fagus sylvatica Atropunicea purpurea</i> )	25±2	–
Ива ( <i>Salix alba</i> L.)	30±3	121 (Лосиный остров)
Малина ( <i>Rubus idaeus</i> )	31±3	–
Акация ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	36±2	121 (Лосиный остров)
Ольха ( <i>Alnus incana</i> )	46±1	–
Осина ( <i>Populus tremula</i> )	44±4	135 (Лосиный остров)
Щитовник мужской ( <i>Dryopteris filixma</i> )	48±1	50 (Хабаровск)
Папоротник Орляк ( <i>Pteridium aquilinum</i> )	53±2	335 (Хабаровск)
Рябина ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	54±3	137 (Лосиный остров)
Клен мелколист ( <i>Acer mono Maxim</i> )	25±1	–
Клен остролист ( <i>Acer platanoides</i> )	7±1	–
Клен обыкновенный ( <i>Acer campestre</i> )	46±2	166 (Лосиный остров)
Облепиха ( <i>Hippóphaë</i> )	210±22	128 (Моск. обл.)
<b>Грибы и лишайники</b>		
Лишайник	120±10	147 (Воскресенск)
Сыроежка ( <i>Russula rosea</i> )	10±1	200 (Моск. обл.), 4600 (Воскресенск)
Груздь ( <i>Lactarius resimus</i> )	22±1	1200 (Моск. обл.)
Ложнодождевик ( <i>Scleroderma citrinum</i> )	21±1	216 (Моск. обл.) 116 (Воскресенск)
Масленок ( <i>Suillus luteus</i> L.)	54±3	1400 (Моск. обл.), 2600 (Воскресенск)

Уровни селена в травянистых растениях и листьях древесных растений находились в интервале концентраций от следовых до 50 мкг/кг сухой массы, и даже с учетом меж- и внутривидовых особенностей аккумуляции селена

были многократно ниже, установленных для Московской области.

Сравнительно высокое содержание селена в лишайниках Куршской косы может отражать не только высокую способность этих организмов

аккумулировать селен из атмосферы, но и существующую эмиссию микроэлемента с поверхности моря (Amouroux, Donard, 1999). Однако следует отметить, что на побережье Балтийского моря в Заостровье и на Куршской косе нам не удалось выявить сколько-нибудь значимых различий в аккумуляции селена листьями древесных растений по сравнению с растениями, удаленными от моря (Королевский лес на Куршской косе и восточная часть поселка Заостровье). Единственным исключением оказалась облепиха, произрастающая в 10 м от моря на пляже Заостровья. Уровень селена в листьях этого кустарника превышал 200 мкг/кг сухой массы – величина, близкая к соответствующим показателям для листьев облепихи Московской области.

### ВЫВОДЫ

1. Среди регионов Европейской части России Калининградская область составляет особую зону выраженного селенового дефицита как в окружающей среде, так и среди населения, что свидетельствует о необходимости принятия срочных мер по оптимизации селенового статуса региона.
2. Одним из путей решения указанной проблемы может служить использование в птицеводстве области (Балтприцепром и п/ф Гурьевская) органической формы селена вместо селенита натрия. Известно, что замена селенита натрия на селенобогатые дрожжи (Сел-Плекс) в птицеводстве может повысить содержание селена в 1 курином яйце до 30 мкг – половины суточной потребности человека в микроэlemente (Голубкина, Папазян, 2006). Такой подход особенно важен в Калининградской области, где содержание селена в выпускаемых в области куриных яйцах в настоящее время не превышает 7–9 мкг/яйцо, а частичный импорт продуктов птицеводства осуществляют из селенодефицитной Беларуси.
3. Другим подходом решения проблемы селенодефицита может стать использование опыта Финляндии по применению селената натрия в НРК-удобрениях (Eurola et al., 1989), использование органических форм селена в качестве премиксов в корм сельскохозяйственных животных и импорт продуктов питания из регионов с высоким селеновым статусом (Голубкина, Папазян, 2006).

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006. 254 с.  
(Golubkina N.A., Papazian T.T. [Selenium in nutrition. Plants, animals, humans]. Moscow: Pechatny Gorod, 2006 [in Russ]).

Голубкина Н.А., Миронов В.Е., Надежкин С.М. Грибы Воскресенска. Риски и перспективы. Омск, 2015. 48 с.

(Golubkina N.A., Mironov V.J., Nadezhkin S.M. [Mushrooms of Voskresensk, Risks and prospects]. Omsk, 2015 [in Russ]).

Скальный А.В., Киселев М.Ф. (ред.) Элементный статус населения России. Часть 1. Общие вопросы и современные методические подходы к оценке элементного статуса индивидуума и популяции. СПб: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2010. 416 с.

(Skalny A.V., Kiselev M.F. (eds.) Elemental status of the population of Russia. Part 1. General issues and current methodical approaches to assessing the elemental status of individual and population]. Sant-Petersburg, 2010 [in Russ]).

Alfthan G., Aro A., Arvilomi H., Huttunen J.K. Selenium metabolism and platelet glutathione peroxidase activity in healthy Finnish men: Effects of selenium yeast, selenite and selenite. *Am J Clin Nutr.* 1991, 151:120–125.

Alfthan G.V. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. *Anal Chim Acta.* 1984, 65:187–194.

Amouroux D., Donard O.F.X. Maritime emission of selenium to the atmosphere in Eastern Mediterranean seas. *Geophys Res Lett.* 1996, 23(14):1777–1780.

Babaknejad N., Sayehmiri F., Sayehmiri K., Rahimifar P., Bahrami S., Delpesheh A., Hemati F., Alizadeh S. The relationship between selenium levels and breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Biol Trace Elem Res.* 2014, 159 (1):1–7.

Clark L.C., Combs G.F., Turnbull D.W. et al. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. *JAMA.* 1996, 276(24):1957–1963.

Duffiels A.J., Thomson C.D., Hill K.E., Williams S. An estimation of selenium requirements for New Zealanders. *Am J Clin Nutr.* 1999, 70:896–903.

Ebert R., Ulmer M., Zeck S., Meissner-Weig J., Schneider D., Stopper H., Schupp N., Kassem M., Jakob F. Selenium supplementation restores the antioxidative capacity and prevents cell damage in bone marrow stromal cells in vitro. *Stem Cells.* 2006, 24:1226–1235.

Elsom R., Sanderson H., Hesketh J.E., Jackson M.J., Fairweather-Tait S.J., Akersson B., Handy J., Arthur J.R. Functional markers of selenium status: UK Food Standards Agency Workshop Report. *Br J Nutr.* 2006, 196:980–984.

Eurola M., Ekholm P., Ylinen M., Koivistoinen P., Varo P. Effects of selenium fertilization on the selenium content of selected Finnish fruits and vegetables. *Acta Agric Scand.* 1989, 39: 345–350.

Falandysz J., Borovicka J. Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms. Health benefits and risks. *Appl Microbiol Biotech.* 2013, 97(2):477–501.

Oldfield, J.E. Selenium world Atlas. UK: Nottigham press, 1999.

Pilarczyk B., Tomza-Marciniak A., Mituniewicz-Malek A., Wieczorek M., Pilarczyk R., Wojcik J., Balicka-Ramisz A., Bakowska M., Dmytrow I. Selenium content in selected products of animal origin and estimation of the degree of cover daily Se requirement in Poland. *Int J Food Sci Technol*. 2010, 45:186–191.

Rayman M.P. The argument for increasing selenium intake. *Proc Nutr Soc*. 2002, 61:203–215.

Rayman M.P., Thompson A.J., Bekaert N., Catterick J., Galassini R., Hall E., Warren-Perry M., Beckett G.J. Randomize

controlled trial of the effect of selenium supplementation on thyroid function in the elderly in the United Kingdom. *Am J Clin Nutr*. 2008, 87:370–378.

Stoffaneller R., Morse N.L. A review of dietary selenium intake and selenium status in Europe and the Middle East. *Nutrients*. 2015, 7:1494–1537.

Vallin J., Andreev E.M., Meslé F., Shkolnikov V.M. Geographical diversity of cause-of-death patterns and trends in Russia. *Demographic Research*. 2005, 12:13, 323–380.

## THE SELENIUM STATUS OF KALININGRAS REGION

*N.A. Golubkina*

All-Russian institute of vegetable breeding and seeds production, Agrochemical research center, Seleccionnaya str. 14, VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region 143080, Russia.

**ABSTRACT.** Selenium concentrations in objects of the environment are strictly connected with the level of human lifespan and resistance to chronic diseases. Evaluation of the selenium status in Russia is considered to possess significant difficulties due to vast territory of the country, great variations in geochemical conditions, levels of anthropogenic pollution and the necessity to achieve complex investigations of the human selenium status, selenium content in food products and objects of the environment. The aim of the present study was to evaluate selenium status of the Kaliningrad region situated in a known selenium deficiency zone. The revealed serum selenium content was found to be the lowest among regions of European Russia and reached 75–77 µg/L. Selenium concentration in cereals was in the range 15–70 µg/kg. The levels of selenium in beef (73–86 µg/kg, fresh weight) were the lowest in the Pravdinsk and Neman districts of the region, neighboring to selenium deficient Lithuania and Poland. Selenium concentration in chicken meat did not exceed 100 µg/kg and was approximately twice lower than appropriate values in regions of Russia with well-developed aviculture. Selenium content in tree leaves and mushrooms was significantly lower than 50 µg/kg dry weight. Inter- and intraspecific variability was demonstrated for selenium accumulation by plants. For the first time *Hippóphaë* was shown to accumulate significant amounts of selenium on the shore of Baltic Sea. Possible decisions of the selenium deficiency problem in the Kaliningrad region are discussed.

**KEYWORDS:** selenium deficiency, Kaliningrad region, blood serum, food products, tree and bushes leaves, mushrooms.