

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СЕЛЕНОВЫЙ СТАТУС ЖИТЕЛЕЙ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ 2018 г.

Ю.Г. Ковальский<sup>1</sup>, Н.А.Голубкина<sup>2\*</sup>, Т.Т. Папазян<sup>3</sup>, О.А. Сенкевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО Дальневосточный государственный медицинский университет Минздрава России, г. Хабаровск, Россия

<sup>2</sup> Лабораторно-аналитический центр ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Московская обл., Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, Россия

<sup>3</sup> ООО «Оллтек», Москва, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Оптимизация селенового статуса населения является одним из ключевых звеньев увеличения продолжительности жизни, снижения смертности от кардиологических и онкологических заболеваний. В условиях импорта пшеницы, богатой микроэлементом, большая часть территории России характеризовалась умеренным дефицитом селена. Целью работы была оценка селенового статуса населения Хабаровского края в 2018 г. после перехода страны на использование исключительно отечественного зерна. Установлено, что по сравнению с 2008 г. уровень селена в сыворотке доноров крови снизился: в Хабаровске в 1,6 раза, в Охотске – в 1,4 раза и в Комсомольске-на-Амуре – в 1,1 раза (селен сыворотки  $51,5 \pm 6,8$ ,  $62,1 \pm 8,9$  и  $60,9 \pm 6,5$  мкг/л соответственно) на фоне превышения допустимых норм содержания кадмия в крови соответственно в 6,6, 1,7 и 2,7 раза. Результаты исследования свидетельствуют о том, что в настоящее время Хабаровский край характеризуется глубоким дефицитом селена среди населения, сравнимым с уровнем недостаточности потребления микроэлемента в Финляндии 1980 г. до начала глобального использования содержащих селен удобрений. Среди возможных путей решения проблемы селенодефицита в регионе (использование Se-премиксов, агрохимическое обогащение растений, селекция и увеличение биодоступности селена почв, новые природные аккумуляторы селена, растительные Se-обогащенные продукты с выраженным противораковым действием) наиболее эффективным представляется применение Se-премиксов в связи с наличием промышленного производства и доступности всех слоев населения к получаемым продуктам (яйца, мясо кур).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** селенодефицит, Хабаровский край, повышение обеспеченности селеном.

### ВВЕДЕНИЕ

Селен представляет собой эссенциальный микроэлемент, дефицит которого у населения связан с повышенными рисками возникновения и развития кардиологических и ряда онкологических заболеваний (Голубкина, Папазян, 2006). Неравномерность распределения селена по Земной поверхности определяет существование значительных территорий селенодефицита. В России к таким регионам относятся, в частности, Хабаровский край, Бурятия, Читинская область, Якутия. Эпидемиологические исследования селенового статуса населения России, проведенные в 1980–2008 гг., выявили в большинстве случаев наличие маргинальной недостаточности обеспе-

ченности населения микроэлементом и лишь в редких случаях существование умеренного дефицита (Golubkina, Alfthan, 1999; Голубкина, Папазян, 2006; Голубкина и др., 2017). Сравнительное благополучие в значительной степени было связано с импортом зерна, богатого селеном, из эндемических регионов мира. Известно, что почвы России в большинстве регионов страны бедны селеном и, как следствие, отечественное зерно содержит селена в среднем в 8–10 раз меньше, чем зерно Канады и США и в 1,5–2 раза меньше чем зерно Австралии (Голубкина, Папазян, 2006). Успешное развитие сельского хозяйства в России в последние годы позволило полностью отказаться от импорта зерна из этих

\* Адрес для переписки:

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

стран, увеличив в 1,5 раза экспорт пшеницы (<https://www.vestifinance.ru/articles/103680>).

Среди продуктов питания зерновые составляют основной источник селена для населения многих стран мира, включая Россию. Так, установлена прямая корреляция между уровнем селена в сыворотке крови жителей и содержанием микроэлемента в используемой пшенице (Golubkina, Alfthan, 1999). Эпидемиологические исследования в Финляндии и Великобритании (Alfthan, 1988; Tamas, Csapo, 2010) также подтверждают прямую зависимость селенового статуса населения от содержания микроэлемента в пшенице. По данным Rayman (Rayman, 2002) в Великобритании отказ от импорта пшеницы, богатой селеном, в период с 1970 по 1995 гг. привел к снижению уровня обеспеченности микроэлементом в стране 1,5–2 раза. Продукты переработки зерновых составляют примерно 70% от общего потребления селена в селенодефицитных регионах Китая и порядка 40–50% у населения Индии с низким доходом.

Ранее авторами был установлен факт, что за десятилетие с 2008 по 2018 гг. содержание селена в хлебобулочных изделиях и яйцах, поступающих в розничную продажу в Хабаровске, снизилось более чем в два раза (Сенькевич и др., 2018). Кроме того, по данным Роспотребнадзора питание жителей Хабаровского края является в настоящее время несбалансированным. При этом отмечается значительное возрастание потребления макаронных изделий на фоне снижения потребления овощей и фруктов, а также мяса (<https://www.khabkrai.ru/khabarovsk-krai/Razvitiye-kraja/50274>). Отмечается повышение доли некачественных мясopодуKтов и продуктов переработки птицы, а также яиц.

**Ц е л ь р а б о т ы** – установление изменений в уровне обеспеченности селеном жителей селенодефицитного Хабаровского края, характеризующегося низким содержанием селена в почвах и использованием в питании исключительно импортируемого зерна в связи с отсутствием собственной зерновой базы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали сыворотку доноров крови городов Хабаровска ( $n=31$ ), Комсомольска-на-Амуре ( $n=40$ ) и Охотска ( $n=20$ ). Средний возраст обследованных составил  $28\pm 7$  лет и статистически не различался для доноров исследо-

ванных городов. До начала анализов сыворотки хранили при  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в герметически закрытых полиэтиленовых пробирках.

Содержание селена в сыворотке крови устанавливали микрофлуорометрическим методом (Alfthan, 1984), который основан на мокром сжигании образцов смесью азотной и хлорной кислот (10:7), восстановлении шестивалентного селена до  $\text{Se}^{+4}$  действием 6N соляной кислоты и образовании флуоресцирующего комплекса между селенистой кислотой и 2,3-диаминонафталином ( $\lambda$  эмиссии – 519 нм,  $\lambda$  возбуждения – 376 нм). В качестве референс-стандарта использовали сыворотку крови с регламентированным содержанием селена 81 мкг/л N23-КТ (Nippan Co).

Содержание в сыворотке крови Cd устанавливали с помощью ИСП-МС на квадрупольном масс-спектрометре Nexion 300D («Perkin Elmer Inc., Shelton», СТ 06484, США) в АНО «Центр биотической медицины» (Москва).

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента. Достоверность различий оценивалась по значениям, соответствующим  $p < 0,05$

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Исследования 1980–2008 гг. в России позволили установить низкие уровни обеспеченности селеном жителей Бурятии, республик Саха и Коми, Читинской, Иркутской, Амурской, Костромской областей, Хабаровского края, Карелии с уровнями селена в сыворотке крови от 62 до 80 мкг/л (Голубкина, Папазян, 2006; Голубкина, и др., 2017). Многие из этих регионов, включая Хабаровский край, в значительной степени зависят от импорта пшеницы ввиду отсутствия собственной зерновой базы.

Поступление Se в организм жителей Хабаровска определялось зерновыми (33,5%), мясopодуKтами (30%) и рыбой (29%) (Сенькевич и др., 2008). Сравнение уровней селена в сыворотке доноров крови Хабаровского края в 2008 и 2018 гг. (табл. 1) показало, что уровень обеспеченности микроэлементом за этот период снизился в 1,6 раза в Хабаровске, в 1,4 раза – в Охотске и в 1,1 раза – в Комсомольске-на-Амуре, что находится в хорошем соответствии с данными содержания микроэлемента в продуктах питания: хлебобулочных изделиях и куриных яйцах (Сенькевич и др., 2018).

Таблица 1. Содержание селена в сыворотке доноров крови Хабаровска, Охотска и Комсомольска-на-Амуре (мкг/л)

Показатель	Хабаровск		Охотск		Комсомольск-на-Амуре	
	2008*	2018	2008*	2018	2008*	2018
n	30	48	20	30	21	22
M±SD	83,0±11,0 <sup>a</sup>	51,5±6,8 <sup>b</sup>	87,5±22,0 <sup>a</sup>	62,1±8,9 <sup>b</sup>	69,4±18,3 <sup>ab</sup>	60,9±6,5 <sup>b</sup>
CV, %	13,3	13,2	25,1	14,3	26,7	10,1
Интервал концентраций	53–104	34–90	58–150	34–83	49–119	42–87
Доля лиц с Se <115 мкг/л, %	100	100	88,2	100	90	100
Ср. уровень по сравн. с оптимальным (115 мкг/л), %	72,2	46,8	76,1	56,5	60,3	54,8
Снижение уровня обеспеченности за 10 лет		1,6		1,4		1,1

Примечание: \* – Сенкевич и др., 2009; a, b – значения с одинаковыми индексами статистически не различаются ( $p>0,05$ ).

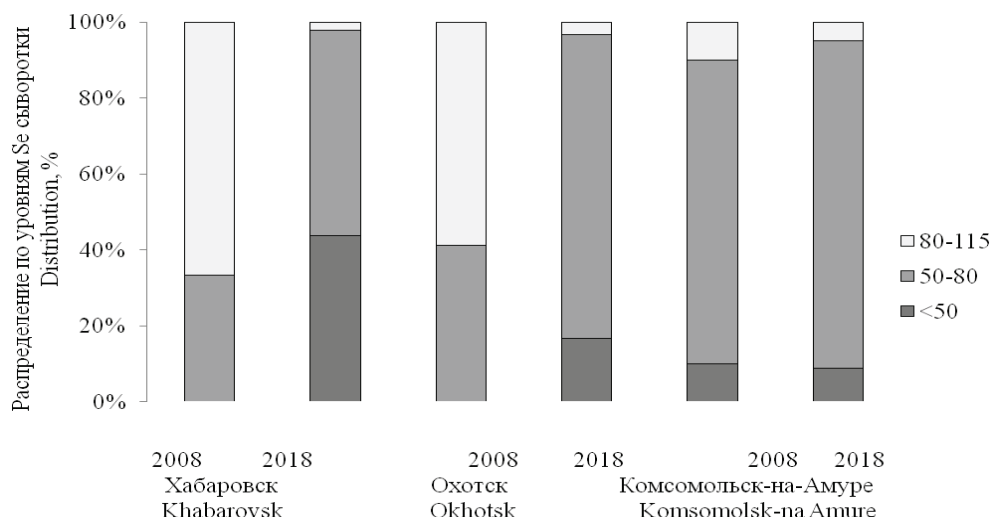


Рис. 1. Распределение обследованных по уровню селена в сыворотке крови в 2008 и 2018 гг.: <50 мкг/л, 50–80 мкг/л, 80–115 мкг/л

Частотное распределение различных уровней селена в сыворотке крови населения (рис. 1) свидетельствует о том, что за истекший период снижение уровня обеспеченности селеном происходило преимущественно за счет критического уменьшения доли населения с маргинальной недостаточностью обеспеченности селеном (более 80 мкг/л).

Доля лиц с глубоким дефицитом селена (менее 50 мкг/л) максимально возросла в Хабаровске до 43,7%. Такое возрастание было существенно менее интенсивным в Охотске (16,7%) и практически не изменилось в Комсомольске-на-Амуре (9–10%). Данные региональные особенности могут быть связаны с более интенсивным использованием в пище мяса диких видов животных в Охотске по сравнению с Хабаровском и

Комсомольске-на-Амуре, различной долей влияния лесных пожаров (наибольшая нагрузка наблюдается в Комсомольске-на-Амуре) и загрязнения реки Амур преимущественно продуктами переработки нефти (Десятов, 2004). Дополнительными факторами риска у населения Хабаровского края являются крайне низкое потребление природных антиоксидантов (овощей и фруктов) и загрязнение окружающей среды кадмием. Анализ содержания кадмия в сыворотке доноров крови Хабаровска выявил повышенные уровни этого тяжелого металла (известного антагониста селена), составившие 0,8 мкг/л в Охотске, 0,5 мкг/л – в Комсомольске-на-Амуре и 2,0 мкг/л – в Хабаровске при норме менее 0,3 мкг/л. Эти показатели свидетельствуют о превышении до-

пустимых норм содержания кадмия в сыворотке крови жителей в 2,7, 1,7 и 6,6 раза.

Таким образом, на сегодняшний день Хабаровский край стоит перед проблемой острого дефицита селена, равного по величине селенодефициту в Финляндии до 1980 г., когда страна только переходила на повсеместное использование содержащих селен удобрений (Alfthan, 1988). И, если результатом политики общей селенизации в Финляндии явилось резкое снижение уровня смертности от кардиологических и онкологических заболеваний и увеличение продолжительности жизни населения (Alfthan et al., 2014), то положение в Хабаровском крае за этот период резко ухудшилось, с одной стороны, вследствие изменения характера питания (<https://regnum.ru/news/2389984.html>), с другой, из-за прекращения импорта пшеницы из эндемических по селену регионов мира и переходу на использование отечественного зерна, бедного этим микроэлементом (Голубкина и др., 2017). Кроме того, если в Финляндии политика повсеместной селенизации страны проводилась одновременно с программами по снижению потребления табака, алкоголя, кофе и жиров и увеличению потребления овощей и фруктов, то в России в целом и в Хабаровском крае в частности программа борьбы с курением была заморожена, возрос уровень потребления алкоголя. По данным социологического опроса большая часть населения Хабаровска не может себе позволить покупку овощей и особенно фруктов.

Вопрос ликвидации дефицита йода в питании населения Хабаровского края до сих пор остается открытым (Кику, Нагирная, 2011, Сенькевич и др., 2012). Между тем метаболизм йода и селена неразрывно связаны друг с другом, вследствие чего недостаток потребления этих микроэлементов не может решаться отдельно, а требует комплексной программы. Показательно, что в 2017 г. смертность в Хабаровском крае превысила рождаемость, причем, основная причина смертности – сердечно-сосудистые заболевания (<https://regnum.ru/news/2352191.html>). По Дальневосточному федеральному округу Хабаровский край лидирует по оттоку населения. В этих условиях состояние здоровья населения Хабаровского края следует считать критическим, требующим срочной разработки и осуществления комплексной программы, включая оптимизацию селенового статуса населения.

Более того, Хабаровский край является не единственным регионом России, полностью зависящим от импорта зерновых. К этой категории следует отнести в Сибирском регионе республику Саха, Бурятию, Амурскую, Иркутскую и Читинскую области – известные селенодефицитные территории (рис. 2). До 2008 г. Бурятия активно использовала в питании населения австралийскую пшеницу, содержащую около 200–250 мкг/кг с.м. селена (Голубкина и др., 2017). В этих сравнительно благоприятных условиях средние уровни селена в сыворотке крови жителей составляли всего 62 мкг/л (Голубкина, Папазян, 2006).



*Рис. 2. Зарегистрированные случаи умеренного селенодефицита в России по исследованию уровня селена в сыворотке крови жителей (данные на 2008 г.)*

В условиях изменения характера питания населения, повышения оксидантного стресса и невозможности осуществления повсеместного использования селеносодержащих удобрений в связи с сильно различающимися биогеохимиче-

скими условиями регионов выбор наиболее перспективного пути оптимизации селенового статуса населения представляется весьма сложным. Имеющийся на сегодняшний день по этому вопросу потенциал представлен в табл. 2.

Таблица 2. *Возможные пути оптимизации селенового статуса населения*

Мероприятие	Производитель	Литература
<i>1. Премиксы</i>		
Сел-Плекс в животноводстве	Alltech, Ирландия	Голубкина, Папазян, 2006
Сел-Плекс в птицеводстве		
<i>2. Агрехимическое обогащение сельскохозяйственных растений</i>		
Обогащение пшеницы селеном, селеном/йодом	Россия, Финляндия, Новая Зеландия	Синдиреваидр., 2017; Alfthan, 2015; Lyonsetal., 2003
Обогащение риса	Португалия, Япония	Oliveira et al., 2015
Обогащение чечевицы	США	Dil Thavarajah et al., 2017
Обогащение ячменя	Россия	Воронина и др., 2018
Обогащение шпината, редиса, брокколи, моркови, томатов, паприки	США, Италия, Польша и др.	Puccinelli et al., 2017
<i>3. Селекция и увеличение биодоступности селена почвы</i>		
Селекция на повышенное содержание селена, сорта риса Jinlong № 1 и Longquin № 4	Китай	Gupta&Gupta, 2017
Повышение биодоступности Se почв путем использования арбускуляр-номикоризных грибов и ростостимулирующих бактерий	Россия, Италия	Карузо и др., 2018; Голубкина и др., 2017
<i>4. Новые природные аккумуляторы селена</i>		
Полынь тархунная рода <i>Artemisia</i>	Никитский ботанический сад, Россия,	Плугатарь и др., 2018
<i>5. Растительные продукты, обогащенные селеном, с выраженным противораковым и антиоксидантным действием</i>		
Обогащенный чеснок, БАД «SelenoForce»	Sabinsa corp, США	Голубкина 2018b; Sabinsa, 2012
Обогащенный порей Se-enrichedleek	Россия	Golubkina et al., 2018c
Обогащенная черемша	Чеченская республика, Россия	Амагова и др., 2018
Обогащенные проростки луковых культур и растений рода <i>Brassica</i>	Япония	Голубкина 2018a; Sugihara et al., 2004

К сожалению, широко используемые за рубежом органические селен содержащие премиксы в корма птицы и сельскохозяйственных животных (Сел-Плекс, представляющий собой обогащенные селеном дрожжи; Eden&Sefton, 2016) сравнительно мало распространены в России и, что самое главное, применение таких премиксов не имеет строгой направленности в отношении селенодефицитных регионов (Голубкина, Папазян, 2006). Однако на практике это наиболее перспективный путь оптимизации се-

ленивого статуса населения дефицитных по селену регионов, не имеющих собственную зерновую базу, поскольку базируется на высокой эффективности усвоения органического селена и использовании продуктов наибольшего спроса (куриные яйца и мясо кур).

Из представленных в табл. 2 путей оптимизации селенового статуса №№ 2, 3 и 5 до настоящего времени в России носят экспериментальный характер. Открытие нового аккумулятора селена среди представителей рода *Artemisia* (полынь тар-

хунная сорт Изумрудный, используемая как приправа к пище) (Плугатарь и др., 2018) в настоящее время не может внести значимый вклад в решение проблемы селенодефицита в связи с крайне низкими производственными мощностями.

Обогащение зерновых селеном (селеном/йодом) возможно лишь в регионах с хорошо развитым растениеводством (Синдирева др., 2017). То же относится и селекции растений на повышенное содержание селена и использование арбускулярномикоризных грибов и ростостимулирующих бактерий.

Наконец, обращают на себя внимание функциональные продукты питания направленного антиканцерогенного действия. Селен является аналогом серы и легко замещает последнюю в органических соединениях живых организмов. Наиболее важными биологически активными соединениями луковых культур, ответственными за антиканцерогенные свойства, являются ди- и трисульфиды, а также метилированные формы селенсодержащих аминокислот и пептидов: Se-Met-Se-Cysi  $\gamma$ -глутамил-Se-Met-Se-Cys (Ip, Ganther, 1992; Ip, Lisk, 1995; Dong et al., 2001; Yang et al., 2005; Fang et al., 2012). Последние, как было показано, обладают существенно более высокой противораковой активностью, чем соответствующие соединения, содержащие серу (Ip et al., 1992). Установлено, что обогащенный селеном чеснок в 2 раза более эффективен в защите организма от аденокарциномы, чем обогащенные селеном дрожжи, благодаря высоким концентрациям  $\gamma$ -глутамил-Se-Met-Se-Cys (Ip et al., 2000). Доказан широкий спектр биологического действия обогащенного селеном чеснока, включающий защиту от токсического действия тяжелых металлов, таких как As, Cd, Hg, Sn и др. (Zhao et al., 2013a,b), а также его мощное антиоксидантное, кардиопротекторное, противовоспалительное и антибактериальное действие. Высокая биологическая активность характерна также и для продуктов переработки чеснока, обогащенного селеном: масла чеснока, спиртовых экстрактов и порошка (Escudero et al., 2012; Bayan et al., 2014). В промышленном масштабе в настоящее время выпускается только порошок чеснока, выращенного в условиях гидропоники. Такой препарат (SelenoForce) производится американской фирмой Sabinsa corp и успешно завоевывает международный рынок БАДов (Sabinsa, 2012). Тем не менее следует отметить, что промышленное

крупномасштабное производство чеснока, как обогащенного, так и не обогащенного селеном, в настоящее время в России отсутствует.

## ВЫВОДЫ

Проведенное исследование изменения селенового статуса жителей Хабаровского края за последние 10 лет впервые выявило критически низкие уровни обеспеченности селеном населения. Так, уровень селена в сыворотке доноров крови снизился: в Хабаровске в 1,6 раза, Охотске – в 1,4 раза и Комсомольске-на-Амуре – в 1,1 раза (селен сыворотки  $51,5 \pm 6,8$ ,  $62,1 \pm 8,9$  и  $60,9 \pm 6,5$  мкг/л соответственно) на фоне превышения допустимых норм содержания кадмия в крови в 6,6, 1,7 и 2,7 раза. Прямая взаимосвязь между селеном сыворотки крови и низким уровнем селена в отечественном зерне указывает на необходимость срочного решения проблемы острого селенодефицита в регионе.

## ЛИТЕРАТУРА

- Амагова З.А., Мацадзе В.Х., Голубкина Н.А., Середин Т.М., Карузо Д. Обогащение черемши селеном. Овощи России. 2018; 4(42):76–80.
- Воронина Л. П., Кирюшина А.П., Ксенофонтов А.Л., Тимофеева А.В., Голубкина Н.А. Влияние селена на содержание азота в растениях и аминокислотный состав надземных органов Ячменя. Агрохимия. 2018; 9:18–26.
- Голубкина Н.А., Папазян Т.Т. Селен в питании. Растения, животные, человек. М.: Печатный город, 2006.
- Голубкина Н.А., Середин Т.М., Баранова Е.А., Старцева Л.В., Агафонов А.Ф., Ушакова О.В., Ковальский Ю.Г. Перспективы получения проростков семян луковых культур, обогащенных селеном. Овощи России. 2018a; 6(44):48–52.
- Голубкина Н.А., Синдирева А.В., Зайцев В.Ф. Внутрорегиональная вариабильность селенового статуса населения. Юг России. Экология развития. 2017; 12(1):107–127. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-1-107-127.
- Голубкина Н.А., Синдирева А.В. Аккумуляции селена растениями. Овощи России. 2017; 2(35):75–79.
- Голубкина Н.А., Середин Т.М., Кошеваров А.А., Шило Л.М., Баранова Е.В., Павлов Л.В. Порошок чеснока, обогащенного селеном. Микроэлементы в медицине. 2018b; 19(1):43–50.
- Десятков В.М. Эндоекологический фактор от последствий химического загрязнения реки Амур и воздействия лесных пожаров. <http://www.seu.ru/cci/lib/books/tehdeyat/sesia1/04.htm>. Международный социально-экологический союз за химическую безопасность. Экологический центр института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН. Химическая безопасность и социально-экологические последствия технической деятельности. Материалы междунаучно-общественного семинара, г. Балашиха, Моск. обл., Россия, 13–14 декабря 2004 г.

- Карузо Д., Голубкина Н.А., Середин Т.М. Использование арбускулярных микоризных грибов при выращивании луковых культур. Овощи России. 2018; 3(41):85–90.
- Кику П.Ф., Нагирная Л.Н. Проблемы йоддефицитных заболеваний у населения дальневосточного региона (аналитический обзор). Дальневосточный медицинский журнал. 2011; 2:110–115.
- Плугатарь Ю.В., Голубкина Н.А., Логвиненко Л.А. Новая биологически активная добавка к пище с высоким содержанием органического селена. Заявка на изобретение РФ №2018129698/13(0477966) от 14.08.2018.
- Сенкевич О.А., Голубкина Н.А., Ковальский Ю.Г., Сиротина З.В., Искренко Г.В., Бельды Д.С. Обеспеченность селеном жителей Хабаровского края. Дальневосточный медицинский журнал. 2009. 82–84.
- Сенкевич О.А., Голубкина Н.А., Ключникова Н.Ф., Ключников П.Ф., Сиротина З.В., Ковальский Ю.Г. Обеспеченность селеном жителей Дальнего Востока. Вопросы питания. 2008; 2:67–71.
- Сенкевич О.А., Ковальский Ю.Г., Голубкина Н.А. Мониторинг содержания селена в некоторых пищевых продуктах Хабаровского края. Вопросы питания. 2018; 87(6):52–57.
- Сенкевич О.А., Ковальский Ю.Г., Фезерский Р.Ф. Антенатальный йоддефицит на Дальнем Востоке – фактор риска формирования патологических состояний новорожденных. Дальневосточный медицинский журнал. 2012; 3:26–28.
- Синдирева А.В., Голубкина Н.А., Степанова Т.А., Кекина Е.Г. Влияние совместного действия селена и йода на химический состав, урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Омской области. Междунар. научно-практич. конф «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», посвящ. 130-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. 21–22.09.2017.
- Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. Anal. Chim. Acta. 1984; 65:187–194.
- Alfthan G. Longitudinal study on the selenium status of healthy adults in Finland during 1975–1984. Nutr. Res. 1988; 8:467–476.
- Alfthan G., Euroala M., Ekholm P., Venäläinen E.-R., Root T., Korkalainen K., Hartikainen H., Salminen P., Hietaniemi V., Aspila P., Aro A. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population Review. J. Trace Elem. Med. Biol. 2015; 31:142–147.
- Bayan L., Koulivand P.H., Gorji A. Garlic: a review of potential therapeutic effects. Avicenna J. of Phytomedicine. 2014; 4(1):1–14.
- Dong Y., Lisk D., Block E., Ip C. Characterization of the biological activity of  $\gamma$ -glutamyl-Se-methyl-Se-Cys: a novel, naturally occurring anticancer agent from garlic. Cancer Res. 2001; 61(7):2923–2928.
- Edens, F., Sefton, A. A role for Sel-Plex – a source of organic selenium in selenized yeast cell wall protein, as a factor that influences meat stability. J. Appl. Animal Nutr. 2016; 4. E11. doi:10.1017/jan.2016.6.
- Fang Y., Luo P., Hu Y., Ma N., Yang W., Xin Z., Zhao L., Hu Q. Bioaccumulation and speciation analysis of selenium in garlic (*Allium sativum* L). Food Sci. 2012; 33:1–5.
- Golubkina N.A., Alfthan G. The human selenium status in 27 regions of Russia. J Trace Elem. Med. Biol. 1999; 13(1–2):15–20.
- Golubkina N.A., El Azzi D., Cozzolino E., Cuciniello A., Bidaki S., Caruso G. Prestazioni produttive e qualitative del pomodoro «cherry» inoculato con funghi micorrizici in suoli saline. Agrisilicia. 2017; 11:22–28.
- Golubkina N.A., Seredin T.M., Kryachko T., Caruso G. Bread production as affected by the addition of selenium-enriched leek leaves. Italian J. Food Sci. 2018c. <http://dx.doi.org/10.14674/IJFS-1277>.
- Gupta M., Gupta S. An overview in selenium uptake, metabolism and toxicity in plants. Frontiers in plant science. 2017; 7. Art2074. DOI 103389/fpls2016.02074.
- Ip C., Birringer M., Block E., Kotrebai M., Tyson J.F., Uden P.C., Lisk D.J. Chemical speciation influences comparative activity of selenium-enriched garlic and yeast in mammary cancer prevention. J. Agr. Food Chem. 2000; 48:2062–2070.
- Ip C., Ganther H.E. Comparison of selenium and sulfur analogs in cancer prevention. Carcinogenesis. 1992; 13:1167–1171.
- Ip C., Lisk D.J. Efficacy of cancer prevention by high selenium garlic is primarily dependent on the action of selenium. Carcinogenesis. 1995; 16:2649–2652.
- Larsen E.H., Lobinski R., Burger-Meijer K., Hansen M., Ruzik R., Mazurowska L., Rasmussen P.H., Sloth J.J., Scholten O., Kik C. Uptake and speciation of selenium in garlic cultivated in soil amended with symbiotic fungi (mycorrhiza) and selenate. Anal. Bioanal. Chem. 2006; 385:1098–1108. DOI 10.1007/s00216-006-0535-x.
- Lyons G., Stangoulis J., Graham R. High-selenium wheat: Biofortification for better health. Nutr. Res. Rev. 2003; 16(1):45–60. DOI: 10.1079/NRR200255.
- Oliveira K., Pataco I.M., Mourinho M.P., Santos C., Pelica J., Ramalho J.C., Leitão A.E., Pais I.P., Campos P.S., Lidon F.C., Reboredo F.H., Pessoa M.F. Selenium biofortification in rice – A pragmatic perspective. Emir. J. Food Agric. 2015; 27(3):231–241. DOI:10.9755/ejfa.v27i3.19285.
- Puccinelli M., Malorgio F., Pezzarossa B. Selenium Enrichment of Horticultural Crops. Molecules. 2017; 22-Art: 933. DOI:10.3390/molecules22060933.
- Rayman M.P. The argument for increasing selenium intake. Proc. Nutr. Soc. 2002; 61:203–215.
- Sabinsa corp. Compositions comprising powdered garlic (*Allium sativum* linn.) and a concentrate of organic selenium compounds for nutritional supplementation. EP 1968620-2012-04-18.
- Sugihara S., Kondo M., Chihara I., Yuji M., Hattori H., Yoshida M Preparation of selenium enriched sprouts and identification of their selenium species by high-performance liquid chromatography – Inductively coupled plasma Mass spectrometry. Biosci. Biotechnol. Biochem. 2004; 68(1):193–199. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.68.193>.
- Tamas M., Mandoki Zs., Csapo J. The role of selenium content of wheat in the human nutrition. A literature review. Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria. 2010; 3:5–34.

Thavarajah Dil, Abare A., Mapa I., Coyne C.J., Thavarajah P., Kuma S. Selecting Lentil Accessions for Global Selenium Biofortification. *Plants (Basel)*. 2017; 6(3):Art. 34. DOI: [10.3390/plants6030034].

Yang S., Wu T., Wu Y. Research progress on anti-cancer active substances in selenium rich garlic. *J. Hubei Inst. Nationalities*. 2005; 23:134–136.

Zhao J., Gao Y., Li Y.-F., Hu Y., Peng X., Dong H., Li B., Chen C., Chai Z. Selenium inhibits the phytotoxicity of mercury in garlic (*Allium sativum*). *Environ. Res.* 2013a; 125:75–81.

Zhao J., Hu Y., Gao Y., Li Y., Li B., Dong Y., Chai Z. Mercury modulates selenium activity via altering its accumulation and speciation in garlic (*Allium sativum*). *Metallomics*. 2013b; 5:896–903.

## THE HUMAN SELENIUM STATUS OF Khabarovsk LAND IN 2018

**J.G. Kovalsky<sup>1</sup>, N.A. Golubkina<sup>2</sup>, T.T. Papazyan<sup>3</sup>, O.A. Senkevich<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Far-Eastern State Medical University, ul. Muravyev-Amursky, 35, Khabarovsk, 68000, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Center of Vegetable Production, Moscow Region 143072, Alltechcorp, Moscow, 105005, Russia

<sup>3</sup>«Alltech» LLC, emb. Academician Tupolev, 15 k.2, Moscow, 10500, Russia

**ABSTRACT.** Human selenium status optimisation is considered to be one of the key elements of increasing longevity, decreasing mortality levels from cardiovascular diseases and cancer. During the period of wheat import from endemic region of the world characterized by high selenium level most territory of Russia was characterized by moderate selenium deficiency. The aim of the present work was evaluation of the human selenium status in Khabarovsk land in 2018 after the beginning of exclusive utilization of domestic grain. It was shown that compared to the 2008 data serum selenium levels decreased 1.6 times in Khabarovsk, 1.4 times- in Okhotsk and 1.1 times in Komsomolsk-na-Amure (Mean serum Se levels  $51.5 \pm 6.8$ ,  $62.1 \pm 8.9$  and  $60.9 \pm 6.5$   $\mu\text{g/L}$  accordingly). Excess of maximum permissible concentration levels of selenium antagonist- cadmium reached 6.6. 2.7 times and 1.7 accordingly

The result indicates that present Khabarovsk land is characterized by severe selenium deficiency comparable with that registered in Finland in 1980 before the beginning of selenium fertilizers utilization. Among possible ways of selenium consumption levels optimization (utilization of Se-premixes, agrochemical biofortification of plants, agricultural crops selection and increase of soil Se bioavailability, new natural Se accumulators utilization, Se-enriched plants with pronounced anticancer activity) the most efficient one seems to be utilization of Se- premixes due to the existence of industrial production and availability of the resulting products (eggs and other poultry products) to all segments of population.

**KEYWORDS:** selenium deficiency, Khabarovsk land, methods of selenium status optimization.

### REFERENCES

- Amagova Z.A., Matsadze V.Kh, Golubkina N.A., Seredin T.M., Caruzo G. Biofortification of *Allium ursimum* with selenium. *Vegetable crops of Russia*. 2018; 4(42):76–80 [In Russ.].
- Voronina L.P., Kirushina A.P., Ksenofontov A.L., Timofeeva A.V., Golubkina N.A. Effect of selenium on nitrogen and amino acids content of barley. *Agrochemistry*. 2018; 9:18–26 [In Russ.].
- Golubkina N.A., Papazyan T.T. Selenium in nutrition. *Plants, animals, human beings*. Moscow: Pechatny Gorod, 2006 [In Russ.].
- Golubkina N.A., Seredin T.M., Baranova H.A., Startseva L.V., Agafonov A.F., Ushakova O.V., Kovalsky J.G. Prospects of Allium sprouts biofortified with selenium production. *Vegetable crops of Russia*. 2018a; 6(44):48–52 [In Russ.].
- Golubkina N.A., Sindireva A.V., Zaitsev V.F. Interregional variability of the human selenium status. *South of Russia. Ecology of development*. 2017; 12(1):107–127 [In Russ.].
- Golubkina N.A., Sindireva A.V. Accumulation of selenium by plants. *Vegetable crops of Russia*. 2017; 2(35):75–79 [In Russ.].
- Golubkina N.A., Seredin T.M., Loshevarov A.A., Shilo L.M., Baranova H.V., Pavlov L.V. Garlic powder fortified with selenium. *Trace elements in medicine*. 2018b; 19(1):43–40 [In Russ.].
- Desyatov V.M. Endoecological factor of chemical pollution of the Amur river and the effect of forestfires. *Proc. of the public science seminar, Balashikha, Moscow region, Russia, Dec., 13–14 2004* [In Russ.].
- Caruzo G., Golubkina N.A., Seredin T.M. Utilization of arbuscular mycorrhizal fungus in production of Allium species. *Vegetable crops of Russia*. 2018; 3(41):85–90 [In Russ.].
- Kiku P.F., Nagirnaya L.N. Problems of iodine deficient diseases among residents of the Far-Eastern region (review). *Far-eastern Medical Journal*. 2011; 2:110–115 [In Russ.].
- Plugatar J.V., Golubkina N.A., Logvinenko L.A. A new biologically active supplement with content of organic selenium. RF patent №2018129698.13(0477966) 14.08.2018 [In Russ.].
- Senkevich O.A., Golubkina N.A., Kovalsky J.G., Sirotnina Z.V., Iskrenok G.V., Beldi D.S. The human selenium status in Khabarovsk land. *Far-eastern Medical Journal*. 2009. 82–84 [In Russ.].



- Senkevich O.A., Golubkina N.A., Kluchnikova N.F., Kluchnikov P.F., Sirotnina Z.V., Kovalsky J.G. The human selenium status of the Far East of Russia. *Nutrition issues*. 2008; 2:67–71 [In Russ.].
- Senkevich O.A., Kovalsky J.G., Golubkina N.A. Monitoring of selenium content in some food products of Khabarovsk land. *Nutrition issues*. 2018; 87(6):52–57 [In Russ.].
- Sernkevich O.V., Kovalsky J.G., Fezersky R.F. Antenatal iodine deficiency in the Far East of Russia- risk factor of neonated pathologies. *Far eastern Medical Joirnal*. 2012; 3:26–28 [In Russ.].
- Sindireva A.V., Golubkina N.A., Stepanova T.A., Kekina H.G. Effect of joint selenium and iodine supplementation on chemical composition, yield and grain quality of mild wheat in conditions of the Southern forest-steppe of Omsk region. *Proc. of Int. conf. «Problems of ecology and agriculture in 21 century»*. September 21–22 2017 [In Russ.].
- Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry. *Anal. Chim. Acta*. 1984; 65:187–194.
- Alfthan G. Longitudinal study on the selenium status of healthy adults in Finland during 1975–1984. *Nutr. Res*. 1988; 8:467–476.
- Alfthan G., Eurola M., Ekholm P., Venäläinen E.-R., Root T., Korkalainen K., Hartikainen H., Salminen P., Hietaniemi V., Aspila P., Aro A. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population Review. *J. Trace Elem. Med. Biol*. 2015; 31:142–147.
- Bayan L., Koulivand P.H., Gorji A. Garlic: a review of potential therapeutic effects. *Avicenna J. of Phytomedicine*. 2014; 4(1):1–14.
- Dong Y., Lisk D., Block E., Ip C. Characterization of the biological activity of  $\gamma$ -glutamyl-Se-methyl-Se-Cys: a novel, naturally occurring anticancer agent from garlic. *Cancer Res*. 2001; 61(7):2923–2928.
- Edens, F., Sefton, A. A role for Sel-Plex – a source of organic selenium in selenised yeast cell wall protein, as a factor that influences meat stability. *J. Appl. Animal Nutr*. 2016; 4. E11. doi:10.1017/jan.2016.6.
- Fang Y., Luo P., Hu Y., Ma N., Yang W., Xin Z., Zhao L., Hu Q. Bioaccumulation and speciation analysis of selenium in garlic (*Allium sativum* L). *Food Sci*. 2012; 33:1–5.
- Golubkina N.A., Alfthan G. The human selenium status in 27 regions of Russia. *J Trace Elem. Med. Biol*. 1999; 13(1–2):15–20.
- Golubkina N.A., El Azzi D., Cozzolino E., Cuciniello A., Bidaki S., Caruso G. Prestazioni produttive e qualitative del pomodoro «cherry» inoculato con funghi micorrizici in suoli saline. *Agrisilicia*. 2017; 11:22–28.
- Golubkina N.A., Seredin T.M., Kryachko T., Caruso G. Bread production as affected by the addition of selenium-enriched leek leaves. *Italian J. Food Sci*. 2018c. <http://dx.doi.org/10.14674/IJFS-1277>.
- Gupta M., Gupta S. An overview in selenium uptake, metabolism and toxicity in plants. *Frontiers in plant science*. 2017; 7. Art2074. DOI 10.3389/fpls.2016.02074.
- Ip C., Birringer M., Block E., Kotrebai M., Tyson J.F., Uden P.C., Lisk D.J. Chemical speciation influences comparative activity of selenium-enriched garlic and yeast in mam-mary cancer prevention. *J. Agr. Food Chem*. 2000; 48:2062–2070.
- Ip C., Ganther H.E. Comparison of selenium and sulfur analogs in cancer prevention. *Carcinogenesis*. 1992; 13:1167–1171.
- Ip C., Lisk D.J. Efficacy of cancer prevention by high selenium garlic is primarily dependent on the action of selenium. *Carcinogenesis*. 1995; 16:2649–2652.
- Larsen E.H., Lobinski R., Burger-Meijer K., Hansen M., Ruzik R., Mazurowska L., Rasmussen P.H., Sloth J.J., Scholten O., Kik C. Uptake and speciation of selenium in garlic cultivated in soil amended with symbiotic fungi (mycorrhiza) and selenate. *Anal. Bioanal. Chem*. 2006; 385:1098–1108. DOI 10.1007/s00216-006-0535-x.
- Lyons G., Stangoulis J., Graham R. High-selenium wheat: Biofortification for better health. *Nutr. Res. Rev*. 2003; 16(1):45–60. DOI: 10.1079/NRR200255.
- Oliveira K., Pataco I.M., Mourinho M.P., Santos C., Pelica J., Ramalho J.C., Leitão A.E., Pais I.P., Campos P.S., Lidon F.C., Reboredo F.H., Pessoa M.F. Selenium biofortification in rice – A pragmatic perspective. *Emir. J. Food Agric*. 2015; 27(3):231–241. DOI:10.9755/ejfa.v27i3.19285.
- Puccinelli M., Malorgio F., Pezzarossa B. Selenium Enrichment of Horticultural Crops. *Molecules*. 2017; 22-Art: 933. DOI:10.3390/molecules22060933.
- Rayman M.P. The argument for increasing selenium intake. *Proc. Nutr. Soc*. 2002; 61:203–215.
- Sabinsa corp. Compositions comprising powdered garlic (*Allium sativum* linn.) and a concentrate of organic selenium compounds for nutritional supplementation. EP 1968620-2012-04-18.
- Sugihara S., Kondo M., Chihara I., Yuji M., Hattori H., Yoshida M Preparation of selenium enriched sprouts and identification of their selenium species by high-performance liquid chromatography – Inductively coupled plasma Mass spectrometry. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 2004; 68(1):193–199. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.68.193>.
- Tamas M., Mandoki Zs., Csapo J. The role of selenium content of wheat in the human nutrition. A literature review. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*. 2010; 3:5-34.
- Thavarajah Dil, Abare A., Mapa I., Coyne C.J., Thavarajah P., Kuma S. Selecting Lentil Accessions for Global Selenium Biofortification. *Plants (Basel)*. 2017; 6(3):Art. 34. DOI: [10.3390/plants6030034].
- Yang S., Wu T., Wu Y. Research progress on anti-cancer active substances in selenium rich garlic. *J. Hubei Inst. Nationalities*. 2005; 23:134-136.
- Zhao J., Gao Y., Li Y.-F., Hu Y., Peng X., Dong H., Li B., Chen C., Chai Z. Selenium inhibits the phytotoxicity of mercury in garlic (*Allium sativum*). *Environ. Res*. 2013a; 125:75-81.
- Zhao J., Hu Y., Gao Y., Li Y., Li B., Dong Y., Chai Z. Mercury modulates selenium activity via altering its accumulation and speciation in garlic (*Allium sativum*). *Metallomics-2013b*; 5:896–903.