

# ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СЕЛЕНОМ ЖИТЕЛЕЙ ГОРНОГО АЛТАЯ

### THE HUMAN SELENIUM STATUS IN MOUNTANOUS ALTAI

Н.А. Голубкина<sup>1\*</sup>, Т.М. Майманова<sup>2</sup>  
N.A. Golubkina<sup>1\*</sup>, T.M. Maimanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГУ НИИ питания РАМН, Москва

<sup>2</sup> НИИ водных и экологических проблем СО РАН, Горно-Алтайск

<sup>1</sup> Institute of Nutrition, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Institute of water and ecological problems, Siberian Department of Russian Academy of Science, Gorno-Altai, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: селен, обеспеченность населения, волосы, продукты питания, Горный Алтай

KEYWORDS: selenium, status, human hair, food products, Mountainous Altai

**РЕЗЮМЕ:** Проведена оценка селенового статуса населения 9 районов Горного Алтая с использованием флуориметрического метода анализа. Содержание селена в волосах жителей ( $n = 266$ ) находилось в интервале концентраций от 332 мкг/кг до 556 мкг/кг. Наименьший уровень обеспеченности установлен в центральной части республики Алтай, охватывающей города Кырлык, Куладу, Онгудай, Иню и Бельтир (332-413 мкг/кг). Концентрация микроэлемента в мясе сельскохозяйственных животных варьировала от 153 до 310 мкг/кг сухой массы и убывала в ряду: свинина > конина > говядина > баранина = козлятина. Отмечено существенное влияние уровня селена в импортируемых зерновых на селеновый статус населения.

**ABSTRACT:** The human selenium status of Mountainous Altai was characterized by hair selenium accumulation levels, the latter being in a range of 332-556  $\mu\text{g}/\text{kg}$  with mean value  $437 \pm 60 \mu\text{g}/\text{kg}$ . The lowest selenium status was registered in the central part of the republic including towns: Kirlic, Kulada, Ongudai, Inya, Beltir (332-412  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). Selenium concentration in meat was in the range 153-310  $\mu\text{g}/\text{kg}$  dry wt and decreased in the order: pork > horseflesh > beef > mutton = chevon. A predominant effect of imported grain on the human selenium status was shown.

#### Введение

Среднесуточное потребление селена населением мира изменяется от 10 мкг/день в селендефицитных районах до 1400 мкг/день и более в районах селенозов. Однако, для большинства стран мира (Schrauzer,

2002; Combs, 1997) и значительного числа регионов России, в частности (Golubkina, Alftan, 1996), характерны умеренные показатели потребления селена (50-100 мкг/сутки).

В республике Алтай мониторинг содержания селена в почве, поверхностных и грунтовых водах, а также некоторых растениях выявил неоднородность распределения микроэлемента, связанную с многообразием почвообразовательных процессов и природных условий (Майманова, 2003). Так, содержание селена в почвах и растениях варьировалось в пределах математического порядка и более, концентрация водорастворимых форм в почвах находилась в диапазоне 2-29% от валового содержания, а концентрация селена в поверхностных и подземных водах, как правило, не превышала 1 мкг/л (Майманова и др., 2000, Мальгин и др., 2000). Исследования содержания селена в почве и накопления растениями соседних регионов: Казахстана (Голубкина и др., 2002), Алтайского края (Голубкина и др., 2002), Китая, Монголии и республики Тыва (Ермаков, Ковальский, 1974) также предполагают наличие дефицита микроэлемента в биогеоценозах Горного Алтая. В то же время этих данных оказывается недостаточно для оценки селенового статуса населения республики, не имеющей собственной зерновой базы.

Целью настоящего исследования явилась оценка селенового статуса населения республики Алтай по содержанию микроэлемента в волосах жителей, а также в основных продуктах питания.

#### Материалы и методы

Образцы волос собраны у 266 здоровых жителей 16 населенных пунктов 9 районов республики Алтай (148 женщин и 118 мужчин, средний возраст 37,5 лет), а также у жителей двух соседних регионов: республики Тыва (г. Кызыл,  $n = 20$ , средний возраст 35,6 лет) и Монголии (г. Улан-Батор,  $n = 20$ , средний

\* Адрес для переписки:

Голубкина Надежда Александровна  
109240, Москва, Устьинский пр. 2/14 ГУ НИИ питания РАМН,  
лаборатория пищевой токсикологии;  
e-mail: segolubkina@mtu-net.ru.

возраст 40,1 лет). Возраст обследованных составил 18-55 лет. Перед проведением анализа образцы волос промывали дважды 0,1% раствором додецилсульфата натрия, дистиллированной водой и высушивали до постоянного веса при 80°C.

Продукты питания (пшеница, овес, ячмень, пшеничная мука, хлеб, мясо диких и домашних животных) отбирали в магазинах и на рынках различных населенных пунктов Горного Алтая, Тывы и Монголии. Образцы высушивали при 80°C до постоянного веса и гомогенизировали. Аналогично готовили пробы образцов грибов. Каждый образец состоял из 5-8 цельных грибов. Старые и очень молодые грибы в анализе не использовали.

Содержание селена устанавливали флуориметрическим методом (Alfthan, 1984), используя в каждой серии определений соответствующие референс-стандарты: образец волос (Институт здравоохранения, Хельсинки), пшеничную муку и лиофилизированную мышечную ткань (Сельскохозяйственный центр Финляндии) с регламентированным содержанием селена 500 мкг/кг (волосы), 57 мкг/кг (мука) и 394 мкг/кг (мышечная ткань). За результат определения принимали среднее значение из трех определений.

Статистическую обработку результатов проводили, используя критерий Стьюдента.

## Результаты

Результаты обследования населения Горного Алтая представлены в таблице 1 и на рисунке 1, где населенные пункты пронумерованы в соответствии с возрастанием уровня селена в волосах жителей. Пос-

кольку достоверных различий в накоплении селена волосами женщин и мужчин не наблюдалось, то в таблице 1 приведены средние значения для взрослого населения городов в целом. Средняя величина концентрации микроэлемента в волосах составила 437 мкг/кг, что статистически не отличается от соответствующих показателей в соседней республике Тыва (г. Кызыл, 451 ± 150 мкг/кг, 189-806) и Монголии (г. Улан-Батор, 436 ± 98 мкг/кг, 328-598) ( $P > 0,05$ ). Наиболее низкие показатели обеспеченности селеном населения Горного Алтая (332-413 мкг/кг) отмечены в центральной части республики, включающей 5 городов, расположенных с запада на восток: Кырлык (Усть-Канский район), Куладу, Онгудай, Иню (Онгудайский район) и Бельтир (Кош-Агачский район).

Содержание селена в мышечной ткани сельскохозяйственных и диких животных находится в интервале концентраций от 153 мкг/кг до 311 мкг/кг (в расчете на сухую массу) и убывает в ряду: мясо диких видов животных (горный козел, марал, косуля) > свинина > конина > говядина > баранина = козлятина (рис. 2).

Уровень селена в зерновых Горного Алтая привозимых в республику из Алтайского края, составляет интервал от 22 мкг/кг (рожь) до 116 мкг/кг (овес) и для пшеницы и овса не отличается статистически от соответствующих данных для зерновых, используемых в республике Тыва (табл. 2). Ячмень, импортируемый на Алтай, содержит статистически меньше селена, чем ячмень Тывы.

Концентрация селена в хлебе, выпекаемом в различных населенных пунктах Горного Алтая, варьируется от 132 до 231 мкг/кг сухой массы и в целом

Таблица 1. Содержание селена в волосах жителей Горного Алтая

№ На карте	Населенный пункт	Район	№*	Селен волос, мкг/кг	Интервал концентраций
1	Иня	Онгудайский	23	332 ± 121	180-615
2	Бельтир	Кош-Агачский	23	370 ± 68	310-479
3	Кырлык	Усть-Канский	15	386 ± 34	344-422
4	Турочак	Турочакский	10	400 ± 67	340-503
5	Онгудай	Онгудайский	9	406 ± 65	340-475
6	Чоя	Чойский	10	410 ± 51	310-494
7	Кулада	Онгудайский	20	412 ± 86	307-551
8	Амур	Усть-Коксинский	14	413 ± 79	266-496
9	Паспаул	Онгудайский	23	428 ± 89	302-539
10	Майма	Майминский	10	430 ± 55	354-537
11	Улаган	Улаганский	11	441 ± 157	245-628
12	Чемал	Чемальский	18	446 ± 64	337-493
13	Мендур-Соккон	Усть-Канский	22	465 ± 93	292-679
14	Кош-Агач	Кош-Агачский	19	497 ± 127	285-630
15	Горно-Алтайск	–	21	535 ± 109	342-698
16	Джазатор	Кош-Агачский	18	566 ± 129	437-694
<b>Среднее</b>			<b>266</b>	<b>437 ± 60</b>	<b>332-566</b>

\* число обследованных

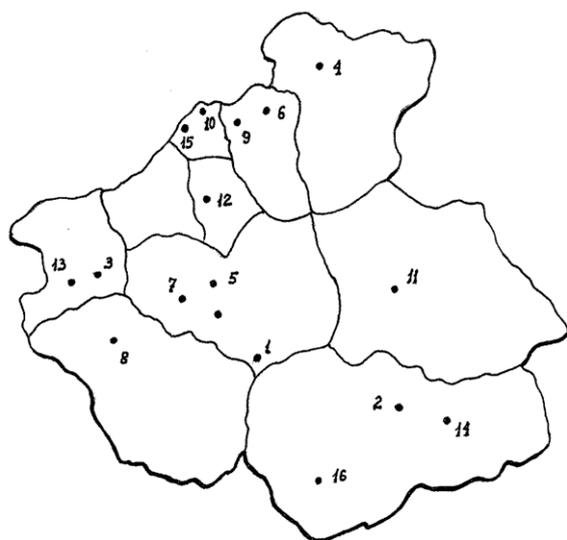


Рис.1. Карта Горного Алтая с указанием городов, где проводилось исследование селенового статуса населения: 1 – Иня, 2 – Бельтир, 3 – Кырлык, 4 – Турочак, 5 – Онгудай, 6 – Чоя, 7 – Кулада, 8 – Амур, 9 – Паспаул, 10 – Майма, 11 – Улаган, 12 – Чемал, 13 – Мендур-Соккон, 14 – Кош-Агач, 15 – Горно-Алтайск, 16 – Джазатор

соответствует уровню микроэлемента в волосах жителей (рис.3).

Величина накопления микроэлемента 9 видами грибов Алтайского края убывает в ряду: волнушка > скрипица > шампиньон > масленок > зонтик пестрый > груздь > сыроежка > лисичка и характеризуется интервалом концентраций 34-1917 мкг/кг сухой массы (табл. 3).

### Обсуждение результатов

Географическое положение Горного Алтая определяет два основных фактора, влияющие на селеновый статус человека: 1) интенсивный импорт продуктов питания (в связи с отсутствием собственной зерновой

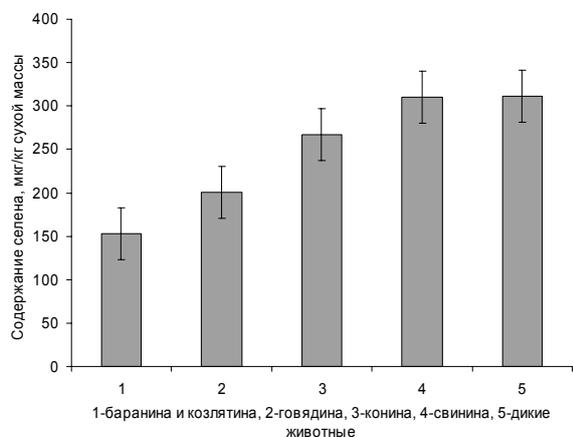


Рисунок 2. Содержание селена в мышечной ткани домашних и диких животных Горного Алтая (достоверные различия для 1,2,3 и 4-5,  $P < 0,01$ ; статистические различия отсутствуют между 4 и 5)

Таблица 2. Содержание селена в зерновых и хлебе, используемых в республиках Алтай и Тыва (мкг/кг сухой массы)

Продукт	Горный Алтай	Тыва (Кызыл)
Пшеница	89 ± 13 (9) 71-113	98 ± 5 (3) 91-103
Ячмень	74 ± 8* (3) 58-82	111 ± 5* (3) 105-121
Овес	116 ± 7 (3) 105-122	125 ± 13 (3) 107-139
Рожь	22 ± 4 (9) 19-29	–
Хлеб	178 ± 37 (30) 132-231	170 ± 43 (5) 127-213

\* Достоверные различия,  $P < 0,01$

базы в республике) и 2) неоднородность геохимического состава почвы (Майманова и др., 2000).

При этом первая составляющая представляется ведущей ввиду того, что отличительной характеристикой Горного Алтая является очень высокое потребление продуктов переработки зерновых (в 1,75 раз выше, чем в Алтайском крае и Южном Урале). Этот факт особенно показателен в связи с тем, что в большинстве стран мира и, в частности, в России именно зерновые определяют селеновый статус населения. Так, в Финляндии с зерновыми человек получает около 19% всего диетического селена (Ago, Alfthan, 1995), в Великобритании – 22%, на Урале – 50% (Голубкина и др., 2002). Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о невысоком содержании микроэлемента в импортируемых зерновых. Показа-

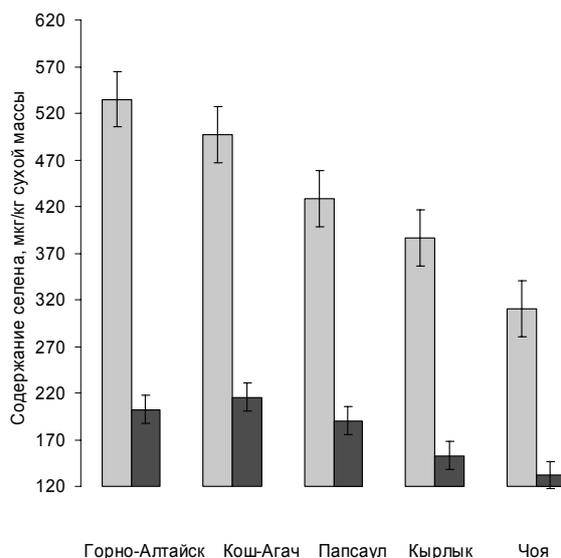


Рис.3 Сравнительные данные содержания селена в волосах жителей Горного Алтая и уровня микроэлемента в потребляемом хлебе (светлые столбики – хлеб, темные – волосы)

Таблица 3. Содержание селена в некоторых съедобных грибах Горного Алтая (мкг/кг сухой массы)

Наименование	Горный Алтай		Московская обл. (Голубкина, Хотимченко, 1994)	Финляндия (Alfthan, 1986)
	Район	Селен		
Волнушка ( <i>Lactarius torminosus</i> )	Усть-Коксинский	1917	1670-1980	1300-2800
Скрипица ( <i>Lactarius vellereus</i> )		1488	1050-3580	
Шампиньон ( <i>Agaricus bisporus</i> )		1250	1090-11470	450-1200
Масленок ( <i>Suillus luteus</i> )		1037	1520-2400	
Зонтик ( <i>Macrolepiota rhacodes</i> )	Чойский	406	400-840	
Груздь ( <i>Lactarius scrobiculatus</i> )		358	89-1300	
Сыроежка ( <i>Russula claroflava</i> )		50-124	70-200	50-100
Лисичка ( <i>Cantharellus cibarius</i> )	Турочакский	34	38-60	50-80

тельно в этом отношении, что соседние регионы: Горный Алтай и Тыва – имеют практически одинаковые уровни селена не только в зерновых, но и в волосах жителей. Анализ данных содержания микроэлемента в хлебе различных населенных пунктов республики Алтай и аккумуляции селена волосами жителей свидетельствует о прямой взаимосвязи между этими показателями (рис. 2). Действительно, соотношение концентраций Se\_волос/Se\_хлеба составляет для 5 исследованных населенных пунктов постоянную величину  $2,56 \pm 0,3$  при колебаниях в уровне обеспеченности селеном от 389 мкг Se/кг волос до 525 мкг/кг (рис. 2). Установлено, что содержание селена в зерне и выпекаемом из него хлебе одинаково (Ekholm et al., 2005). Различие этих показателей для Горного Алтая свидетельствует о существовании незначительной доли импорта зерна, богатого микроэлементом, и объясняет, по крайней мере, частично, различия в уровне обеспеченности селеном жителей разных населенных пунктов.

Геохимический фактор влияния на селеновый статус населения в Горном Алтае наибольшим образом проявляется в потреблении мясных продуктов. Действительно, основным направлением сельского хозяйства республики является животноводство мясо-шерстного и молочно-мясного направлений на базе естественных пастбищ и сенокосных угодий. При этом во многих районах климатические условия позволяют осуществлять круглогодичное содержание скота на пастбище. Таким образом, уровень селена в укосах трав и величина обеспеченности селеном животных оказываются взаимосвязанными. Интерес представляет сравнение уровней накопления селена мясом крупного рогатого скота в Горном Алтае и в соседней Тыве. При равных средних значениях содержания селена в мышечной ткани крупного рогатого скота ( $201 \pm 29$  мкг/кг и  $221 \pm 95$  мкг/кг соответственно) коэффициент вариации этого показателя выше в Тыве, для которой характерны большие различия в аккумуляции микроэлемента травами разных районов республики. Концентрация селена в пастбищных травах Тывы составляет интервал 40-1100 мкг/кг (Ермаков, Ковальский, 1974), в Горном

Алтае – 40-430 мкг/кг (Мальгин и др., 2000).

С другой стороны, данные мониторинга аккумуляции селена мышечной тканью домашнего скота показывают, что получаемые значения чрезвычайно близки к соответствующим показателям, установленным в Финляндии в 1985 году перед началом повсеместного использования в стране селеносодержащих удобрений (Ekholm et al., 2005). Например, уровень селена в говядине Финляндии в 1985 году составил 200 мкг/кг сухой массы (в Горном Алтае – 201 мкг/кг), в свинине – 350 мкг/кг (в Горном Алтае 310 мкг/кг) – факты, свидетельствующие о значительном недостатке потребления микроэлемента сельскохозяйственными животными, причем не только Горного Алтая, но также Тывы.

Колебания в уровне обеспеченности селеном населения, таким образом, могут быть обусловлены изменениями в соотношении этих двух факторов влияния, а также частичным использованием мяса диких животных, у которых уровень микроэлемента выше, чем у домашних (рис.2).

Полученные результаты позволяют рассчитать средний уровень потребления микроэлемента населением Горного Алтая с хлебобулочными изделиями и мясом: около 44 мкг и 12 мкг в сутки соответственно с учетом данных Госкомстата о величине потребления населением России продуктов питания (Потребление продуктов, 2004).

Другие источники селена вносят незначительный вклад в селеновый статус населения республики. Так, потребление селена с грибами, хотя и может достигать значительных величин при использовании грибов-накопителей (табл. 3), однако, в значительной степени носит сезонный характер. Низкая обеспеченность селеном сельскохозяйственных животных определяет низкий уровень микроэлемента в молочных продуктах. Выращивание сельскохозяйственной птицы осуществляется с использованием плохо усваиваемого селенита натрия, что определяет невысокие уровни аккумуляции селена яйцами (Фисинин, 2005). Картофель, овощи, фрукты и ягоды практически для всех регионов мира вносят незначительный вклад в селеновый статус населения.

Одним из возможных путей оптимизации селенового статуса населения республики является интенсивный импорт пшеницы с высоким содержанием микроэлемента из эндемических по селену регионов мира (США, Канады, Австралии), дающий возможность увеличить потребление селена с зерновыми в 3-6 раз. Другой путь включает широкое использование органических селеносодержащих премиксов в птицеводстве и свиноводстве. Наиболее перспективным в этом отношении представляются дрожжи, обогащенные селеном (Сел-Плекс, производства фирмы Alltech), где микроэлемент представлен в виде селенометионина белка – природной формы микроэлемента, обеспечивающей низкую токсичность и максимальное аккумулятивное селена тканями животных (Schrauzer, 2003). По данным (Mahan, Peters, 2004) такой путь позволяет увеличить потребление населением микроэлемента с соответствующими продуктами в два раза. Дополнительным эффектом использования селенообогащенных дрожжей является увеличение продуктивности, выживаемости молодняка, улучшение конверсии корма и качества мяса.

## Выводы

Потребление селена населением республики Алтай с продуктами переработки зерновых составляет 44 и 12 мкг в день соответственно.

Основным фактором, определяющим селеновый статус населения Горного Алтая, является импорт зерновых.

Сельскохозяйственные животные республики испытывают значительный дефицит селена, связанный с непосредственным влиянием геохимических факторов среды обитания.

## Литература

- Голубкина Н.А., Скальный А.В., Соколов Я.А., Щелкунов Л.Ф. Селен в экологии и медицине. М. изд-во КМК. 2002. 155 с.
- Голубкина Н.А., Хотимченко С.А. Селен в продуктах питания Уральского экономического района // Гигиена и санитария. 1994. Т.7. С.12-14.
- Ермаков В.В., Ковальский В.В. Биология селена. М.: Наука. 1974.
- Майманова Т.М., Алейникова В.Н, Мальгин М.А., Пузанов А.В. Селен в почвах Горного Алтая.. Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. Материалы 3-й Российской биогеохимической школы. Новосибирск: изд-во СО РАН. 2000. С.314-315.
- Майманова Т.М. Селен в природных водах Алтая // 4ая Российская биогеохимическая школа «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы». Наука. 2003. С.207-208.
- Мальгин М.А., Пузанов А.В., Майманова Т.М. Селен в основных компонентах окружающей среды Алтая // Химия в интересах устойчивого развития. 2000. Т.8. №6. С.837-843.
- Потребление продуктов питания в России в 2002 году. Госкомстат России. М. 2004. 93 с.
- Фисинин В.А. Птицеводство. М.: изд-во Колос. 2005.
- Alfthan G. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. 1984. Vol.65. P.187-194.
- Alfthan G. Mercury and selenium in wild mushrooms // Proc. Finn. Soc. Nutrition Research. 1986. P.3.
- Aro A., Alfthan G. Effect of supplementation of fertilizers on human selenium status in Finland // Analyst. 1995. Vol.120. P.841-843.
- Combs G. Selenium in Nutrition // Encyclopedia of human biology, 2nd ed. 1997. Vol.7. P.743-754.
- Golubkina N.A., Alfthan G. The human selenium status in 27 regions of Russia // J. Trace Elem. Med. Biol. 1996. Vol.4. P.45-49.
- Eklholm P., Euroala M., Venalainen E-R. Selenium content of foods and diets in Finland- Proc. Twenty Years of selenium fertilization-Finland-Helsinki. 6, 8-9 Sept., ed. M. Euroala. 2005. P.39-45.
- Mahan D.C., Peters J.C. Long-term effects of dietary organic and inorganic selenium sources and levels on reproducing sows and their progeny // J. Anim. Sci. 2004. Vol.82. P.1343-1358.
- Schrauzer G.N. The nutritional significance, metabolism and toxicity of selenomethionine // Adv. Food Nutr. Res. 2003. Vol.47. P.73-112.
- Schrauzer G.N. Selenium and human health: the relationship of selenium status to cancer and viral diseases // Proc. of Alltech's 18th Annual Symposium Nutritional biotechnology in feed and food "industries", ed. T.P. Lyons, K.A. Jacques-Nottingham. 2002. P.263-272.

