

# ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## СЕЛЕНОВЫЙ СТАТУС ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА (г. СУРГУТ)

### SELENIUM STATUS OF KHANTY-MANSIISK AUTONOMOUS REGION (SURGUT CITY)

**Н.А. Голубкина<sup>1</sup>, Т.Я. Корчина<sup>2</sup>, Н.Н. Меркулова<sup>3</sup>, С.А. Пес-  
тин<sup>4</sup>, С.С. Таслицкий<sup>4</sup>**

**N.A. Golubkina<sup>1</sup>, T.Ya. Korchina<sup>2</sup>, N.N. Merkulova<sup>3</sup>, S.A.  
Pestin<sup>4</sup>, S.S. Taslitsky<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> ГУ НИИ питания РАМН, Москва 109240, Устьинский пр. 2/14; E-mail: segolubkina@mtu-net.ru

<sup>2</sup> Сургутский государственный педагогический институт

<sup>3</sup> Городская станция переливания крови г. Сургута

<sup>4</sup> Центр биотической медицины, г. Сургут

<sup>1</sup> Institute of Nutrition, RAMS, 2/14 Ust'insky proezd, Moscow 109240, Russia; E-mail: segolubkina@mtu-net.ru

<sup>2</sup> Surgut State Pedagogical Institute, Surgut, Russia

<sup>3</sup> Surgut Municipal Hemotransfusion Station, Surgut, Russia

<sup>4</sup> Surgut Centre for Biotic Medicine, Surgut, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** селен, сыворотка крови, волосы, продукты питания, вода, почва, пастбищные травы, нефть, Ханты-Мансийский автономный округ

**KEY-WORDS:** selenium, serum, hair, food products, water, soils, grass, oil, Khanty-Mansiisk autonomous region

#### РЕЗЮМЕ

Проведена оценка селенового статуса Ханты-Мансийского автономного округа (г. Сургут). Содержание селена составило: в почве  $220 \pm 56$  мкг/кг, пастбищной траве –  $107 \pm 19$  мкг/кг, воде –  $120 \pm 48$  нг/л, мясе сельскохозяйственных животных –  $173$  мкг/кг, рыбе –  $263 \pm 69$  мкг/кг, импортируемой пшеничной муке –  $116 \pm 27$  мкг/кг, сыворотке крови и волосах жителей соответственно –  $84 \pm 14$  мкг/л и  $506 \pm 137$  мкг/кг. Содержание селена в древних отложениях живых организмов (нефти) –  $206 \pm 32$  мкг/кг. Полученные данные свидетельствуют о наличии умеренного дефицита селена у жителей Сургута.

#### ABSTRACT

Selenium status characteristics of Khanty-Mansiisk region were established, selenium concentration being equal to:  $220 \pm 56$  mg/kg (soils),  $107 \pm 19$  mg/kg (grass),

$120 \pm 48$  ng/L (water),  $173$  mg/kg (meat),  $263 \pm 69$  mg/kg (fish),  $116 \pm 27$  mg/kg (imported wheat flour),  $84 \pm 14$   $\mu$ g/L and  $506 \pm 137$  mg/kg (human serum and hair correspondingly). Selenium content in native oil was  $206 \pm 32$  mg/kg. The results demonstrate a moderate selenium deficiency in the region investigated.

Установление защитной функции селена в отношении возникновения и развития кардиологических и ряда онкологических заболеваний определяет важность оценки селенового статуса территорий, необходимой для осуществления научно-обоснованной коррекции уровня обеспеченности населения микроэлементом (Голубкина и др., 2002). В связи с обширностью территории в России создалась парадоксальная ситуация, когда количество и разнообразие селен-содержащих биологически активных добавок к пище (БАД) опережает эпидемиологические исследования в стране. Это в свою очередь делает плохо аргументированной оценкой селенового статуса населения.

тированными предложения по повышению селенового статуса населения, не позволяет выявить потенциальные возможности и особенности каждого региона, предложить наиболее рациональный путь оптимизации селенового статуса территории. Именно территории, а не только населения, поскольку в становлении уровня обеспеченности человека участвуют прямо или опосредованно практически все звенья пищевой цепи переноса микроэлемента. Особенно сложным представляется оценка влияния различных показателей на селеновый статус регионов, импортирующих продукты питания, и, в первую очередь, зерновые. К таким регионам относится Ханты-Мансийская автономная область – важнейший поставщик нефти в России.

Целью настоящего исследования явилась оценка основных характеристик селенового статуса Ханты-Мансийского автономного округа (г. Сургут).

### Материалы и методы

В работе использовалась сыворотка крови дононров ( $n = 51$ : 20 женщин, средний возраст  $38,4 \pm 10,2$  лет, и 31 мужчина, средний возраст  $39,6 \pm 14,9$  лет). Сыворотку отбирали в полиэтиленовые пробирки и хранили до начала анализа при  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Образцы волос срезали у здоровых жителей г. Сургута ( $n = 16$ ) с затылочной части головы, перед анализом промывали 1 %-ным раствором додецилсульфата натрия, дистиллированной водой и высушивали до постоянного веса при  $80^{\circ}\text{C}$ .

Пшеничную и ржаную муку отбирали на складах и в магазинах г. Сургута, высушивали до постоянного веса перед проведением анализа. Концентрацию селена в мясе сельскохозяйственных животных, птицы и в рыбе (р. Обь, средняя проба пяти образцов каждого вида рыбы), определяли в замороженных продуктах.

Образцы почвы собирали на пастбищах и приусадебных участках пригорода Сургута, высушивали до постоянного веса и гомогенизировали.

Собирали образцы поверхностных (река Обь и озеро в пригороде Сургута) и грунтовых вод (пригород Сургута). Для определения селена 300 мл воды каждого образца упаривали до объема 1 мл в присутствии 30 мл азотной кислоты. Остаток количественно переносили в пробирки для сжигания и осуществляли флуорометрический анализ селена (Alfthan, 1984).

Образцы нефти отобраны из 7 скважин Сургутского района.

Уровень селена в исследуемых образцах устанавливали флуорометрически (Alfthan, 1984). В качестве референс-стандартов использовали сыворотку крови №23 КТ (Nippan, Осло), пшеничную и ржа-

ную муку, лиофилизированное мясо (сельскохозяйственный центр Финляндии) с регламентированным содержанием селена соответственно 76 мкг/л, 59 мкг/кг, 27 мкг/кг и 394 мкг/кг.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием критерия Стьюдента.

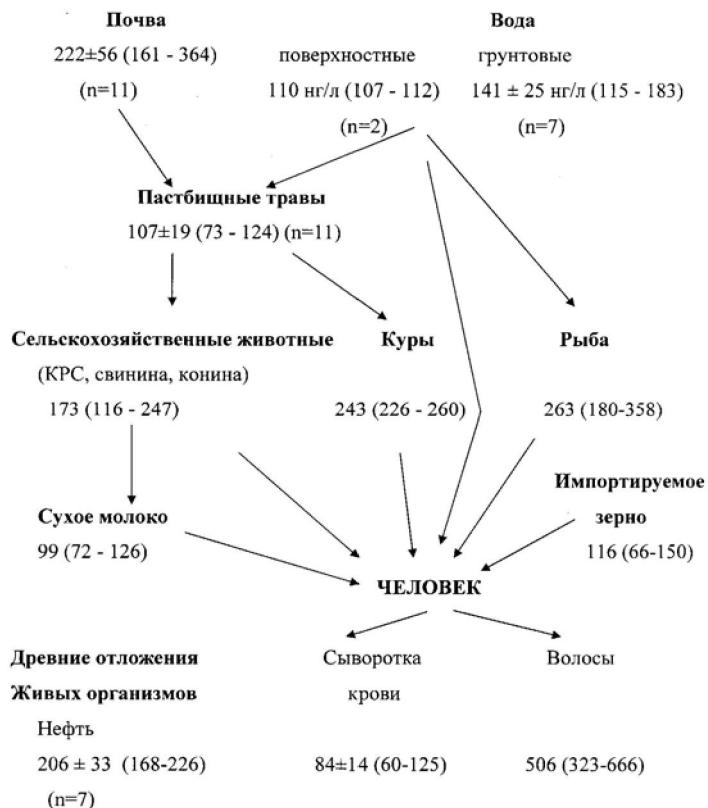
### Результаты и обсуждение

Географическое положение г. Сургута, являющегося центром Ханты-Мансийского автономного округа, формирует две принципиальные особенности исследуемого региона. Во-первых, суровые климатические условия определяют отсутствие собственной базы для развития растениеводства, вследствие чего в автономном округе используют преимущественно привозное зерно. Во-вторых, заболоченность местности создает условия невысокого усвоения растениями селена, биодоступность которого, как известно, в почвах ограничена при кислых pH и высокой влажности (Ермаков, 1999). Существенную роль в определении селенового статуса территории, несомненно, играет добыча и переработка нефти, которые, согласно литературным данным, снижают уровень аккумулирования селена живыми организмами (Combs, 1986).

Результаты проведенного исследования позволили составить схему пищевой цепи переноса селена в условиях Ханты-Мансийского автономного округа.

Первичные природные источники селена – почва и вода – в районе Сургута имеют умеренные концентрации микроэлемента. Так, валовое содержание селена в почве близко к аналогичному показателю для Московской области (246 нг/кг), однако количество биодоступного селена здесь, по-видимому, ниже в связи с сильной заболоченностью местности. Большинство образцов грунтовых вод пригорода Сургута характеризовалось более низкими показателями содержания микроэлемента, чем в грунтовых водах Московской области (141 нг/л по сравнению с 500 нг/л) (Сидельникова, 1999). Следует, однако, отметить, что при сильной минерализации образцов содержание селена в грунтовых водах может приближаться или быть выше предельно допустимой концентрации для селена (1 мкг/л). Так, образец воды из скважины кооператива «Газовик» пригорода Сургута содержал 890 нг Se/л. В Балашихинском районе Московской области вода из скважины Николо-Архангельского района содержала 2030 нг Se/л. Поверхностные воды, как известно, содержат меньшее количество селена, чем грунтовые (Сидельникова, 1999). Концентрация микроэлемента в притоке р. Обь и озере пригорода Сургута составила 107-112 нг/л по сравнению с 125-360 нг/л для водопроводной воды Москвы (Сидельникова, 1999).

### Селеновый статус Ханты-Мансийского автономного округа (г. Сургут)



Анализ образцов пастбищной травы определил умеренные концентрации селена (в среднем 107 мкг/кг сухой массы, интервал концентраций 76-128 мкг/кг). При этом два образца травы пригорода Сургута проявляли явно выраженные селенаккумулирующие свойства, а концентрация в них микроэлемента достигала 227 и 458 мкг/кг.

Древние отложения живых организмов в регионе – нефть многочисленных буровых скважин – содержала 206 ± 33 мкг/кг (168-226 мкг, n = 7).

Таким образом, характеристика первых звеньев пищевой цепи переноса селена в условиях Сургута свидетельствовала о существовании умеренного дефицита селена в окружающей среде региона. Данные аккумулирования селена тканями сельскохозяйственных животных подтвердили указанные результаты (табл.1).

Так, уровень селена в говядине, свинине и конине Ханты-Мансийского автономного округа (118-247 мкг/кг) оказался ниже, чем соответствующие показатели для Московской области (200-205), но намного превышал данные, установленные для эндемического региона – Читинской области, – известного глубоким дефицитом микроэлемента (30-40 мкг/кг) (Прудеева, 2004). Важно отметить, что интегральный показатель обеспеченности селеном крупного рогатого скота – концентрация микроэлемента в сухом молоке – в услови-

ях Тюменской области изменяется в относительно широких пределах: от 72 до 126 мкг/кг, что указывает на неоднородность селенового статуса территории. Действительно, если для селенодефицитной Читинской области уровень микроэлемента в сухом молоке составляет 7-30 мкг/кг (Aro et al., 1994), то в регионах России с относительным благополучием селенового статуса (Саратовская, Ростовская области) этот показатель достигает 132-150 мкг/кг (Голубкина и др., 1998). Относительно низкое содержание селена в сухом молоке установлено нами для продукции п. Якуторовска Ханты-Мансийского автономного округа (72 мкг/кг), относительно высокое – для г. Тюмени (126 мкг/кг).

Среди местных продуктов питания важное место в качестве природных источников селена занимают рыба и продукция птицеводства. Это связано с тем, что рыба в гумидных условиях способна аккумулировать селен в количествах, соответствующих коэффициенту биологического накопления 1,4-1,9 (Ермаков, 2001), и менее подвержена влиянию биогеохимического фактора, чем сельскохозяйственные животные. В то же время, содержание микроэлемента в мясе сельскохозяйственной птицы и яйцах определяется в первую очередь повсеместным использованием в стране селенсодержащих премиксов.

В самом деле, уровень аккумулирования селена мышечной тканью 4 видов пресноводной рыбы реки

Объ относительно невысок – 180-358 мкг/кг (табл.2) – в сравнении с данными накопления микроэлемента рыбой Волги, Уральских водоемов и Брянской области (121-708 мкг/кг, 176-468 мкг/кг и 190-467 мкг/кг соответственно) (Голубкина и др. 2003). С другой стороны, найденный интервал концентраций микроэлемента оказывается удивительно близок к уровням селена в рыбе, выловленной в Волге в районе Костромы, области и Чебоксар, – регионах, характеризующихся умеренным дефицитом микроэлемента. Однако, выявленные концентрации достоверно выше содержания селена в мышечной ткани сельскохозяйственных животных (табл.1).

Столь же высокие показатели содержания селена характерны для куриного мяса и яиц (табл.1). «Тюменский бройлер», обеспечивающий птицеводческой продукцией всю область, включая Ханты-Мансийский автономный округ, постоянно использует в кормах птицы селенит натрия, а в настоящее время переходит на применение более биодоступного, менее токсичного и лучше аккумулируемого мышечной тканью препарата Сел-Плекс (Ирландская фирма Alltech), представляющего собой селенобогащенные пекарские дрожжи. Такой переход позволит не только повысить уровень микроэлемента в куриных окорочках, но и достичь величины накопления селена куриными яйцами, сравнимой с рекомендуемым суточным потреблением человеком микроэлемента (среднее увеличение содержания селена в яйцах при переходе от селениита натрия к селен-

обогащенным дрожжам составляет с 12 мкг/яйцо до 25-30 мкг/яйцо).

С другой стороны, для большинства регионов мира в целом уровень обеспеченности селеном населения определяется в первую очередь содержанием микроэлемента в зерновых и продуктах их переработки. Это особенно относится к России, где доля потребляемого населением селена с зерновыми составляет около 50 % от общего количества селена, поступающего в организм человека с пищей (Голубкина, 1998). Среди зерновых на первом месте по значимости оказывается пшеница, наиболее отзывчивая на уровень микроэлемента в окружающей среде. Именно поэтому импорт пшеницы из эндемических по селену регионов мира с поразительно высоким уровнем накопления микроэлемента в продукте особенно важен для стран, почвы которых бедны микроэлементом. Так, значительное повышение селенового статуса населения наблюдалось в Финляндии в период 1978-1985 годов, прямо коррелирующее с величиной импорта богатой селеном пшеницы (Alftthan et al., 1993). В Соединенных Штатах Америки, включающих регионы с высоким и низким поступлением микроэлемента из почвы в растения, коррекцию селенового статуса населения осуществляют путем направленных перевозок зерна внутри страны (Голубкина и др., 2002). В России перевозки зерна внутри страны и распределение по регионам импортируемого зерна с высоким содержанием селена часто носят хаотический характер (Голубкина, 1998). Существует практи-

Табл.1. Содержание селена в продуктах питания г. Сургута.

Наименование	n	Источник	Se, мкг/кг	Интервал концентраций
Мука пшеничная	11	Импорт	116 ± 27	66 – 150
	2	Местное зерно	195 ± 8,5	187-204
Мука ржаная	1	Татарстан	24,5	-
Хлеб белый	6	Сургут	171 ± 49	71 – 221
Хлеб черный	5	Сургут	146 ± 17	127 – 153
Говядина	10	Сургут	164 ± 66	118 – 247
Свинина	8	Сургут	168 ± 40	116 – 238
Конина	6	Сургут	187 ± 20	145 – 210
Куриные окорочки	2	Тюмень	243	226 – 260
Рыба	5	Р. Обь	263 ± 69	180 – 358
Сухое молоко	2	Тюменская область	99	72 – 126
Яйца куриные Белок Желток	2	Сургут	235	210 - 260
			272	258 - 286

ка смешивания отечественного и импортируемого зерна таким образом, что в ряде случаев оказывается практически невозможным отследить источник используемой муки. Импорт пшеничной муки в Ханты-Мансийский автономный округ осуществляется из разных регионов страны и из ближнего зарубежья: Новосибирска, Алтайского края, Курганской, Саратовской, Томской областей, Урала, Татарстана, Казахстана (табл.1). Среди этих регионов относительно высокий селеновый статус территории характерен для Новосибирской, Курганской, Саратовской и Томской областей, относительно низкий – для Алтайского края, Татарстана и Урала (Голубкина, 1998). Импортируемая мука, используемая в Ханты-Мансийском автономном округе (табл.1 и рис.1), содержит 66–160 мкг селена/кг. Показательно, что уровень селена в пшенице, выращенной на юге Тюменской области, достигает значительных величин (187–204 мкг/кг). В то же время следует отметить, что производство зерна в Тюменской области невелико, а основную долю составляет импорт. Высокие значения содержания селена в муке г. Перми и Алтайского края, несомненно, отражают практику смешивания отечественного и импортного зерна перед помолом, поскольку Пермская обл. не производит пшеницу, а зерно, выращенное в Алтайском крае, бедно селеном (Голубкина, 1998).

Ржаная мука, используемая в Сургуте, импортируется из Татарстана, расположенного на почвах с невысоким уровнем селена (Ермаков, 2001), и содержит относительно мало селена (24,5 мкг/кг). В среднем в России содержание селена в ржаной муке варьирует от 6 до 70 мкг/кг. Соответственно невысоки уровни селена в пшеничном и ржаном хлебе, выпекаемом в г. Сургуте, составляющие 67–77% от значений, характерных для хлебобулочных изделий г. Москвы (табл.1).

Обеспеченность селеном населения Ханты-Мансийского автономного округа полностью соответствует показателям селенового статуса территории. Так, содержание селена в сыворотке крови доноров составило  $84,2 \pm 14,3$  мкг/л для мужчин и  $83,0 \pm 15,1$

мкг/л для женщин, что соответствует 70% от оптимального уровня (Alfthan, 1999). Такие показатели селенового статуса населения являются весьма распространенными на территории России и сходны по своей величине с аналогичными данными для Новгородской, Рязанской, Брянской, Костромской областей, Чувашии, Хабаровска, Алтайского края (82,9, 83,0, 84,0, 79, 85,0, 85,0 и 87 мкг/л соответственно) (Golubkina et al., 2000). 17,6 % обследованного населения г. Сургута имели уровень селена в сыворотке ниже 70 мкг/л, и только 5,9 % проявляли оптимальный уровень обеспеченности.

Содержание селена в волосах жителей г. Сургута также было несколько ниже показателей аккумулирования микроэлемента волосами москвичей (590 мкг/кг) (Голубкина и др., 1996) и составило  $506 \pm 137$  мкг/кг. Интересно отметить, что города, расположенные южнее на р. Обь и ее притоках, – Новосибирск и Томск – характеризуются более высоким селеновым статусом населения. Так, средний уровень селена в сыворотке крови жителей Новосибирска составляет 116 мкг/л, а уровень аккумулирования микроэлемента волосами жителей Томска достигает 888 мкг/кг (Голубкина и др., 2002). Наблюдаемые различия, по-видимому, связаны с переувлажнением почв Ханты-Мансийского автономного округа, что снижает биодоступность селена почв, нерациональным импортом пшеницы и наличием нефтедобывающей и перерабатывающей промышленности.

Таким образом, Ханты-Мансийский автономный округ характеризуется умеренным дефицитом селена во всех звеньях пищевой цепи переноса микроэлемента. Наиболее целесообразными путями коррекции селенового статуса территории, по-видимому, следует считать использование органических селенсодержащих премиксов в животноводстве и птицеводстве, обеспечивающих значительное накопление селена в мышечной ткани и молоке сельскохозяйственных животных. Внесение селена в почву представляется неподходящим в связи с переувлажнением и кислой средой, способствующим необратимому связыванию вносимого селена с иона-

Таблица 2. Содержание селена в мышечной ткани рыбы р. Обь (район г. Сургута).

№	Наименование	Содержание селена, мкг/кг
1	Сырок ( <i>Coregonus peled</i> )	180
2	Муксун ( <i>Coregonus muksun</i> )	218
3	Стерлядь ( <i>Acipenser ruthenus</i> )	297
4	Щука ( <i>Opisthoproctidae Eucius</i> )	358
Среднее M?SD		263,3?69,1
Интервал концентраций		180-358

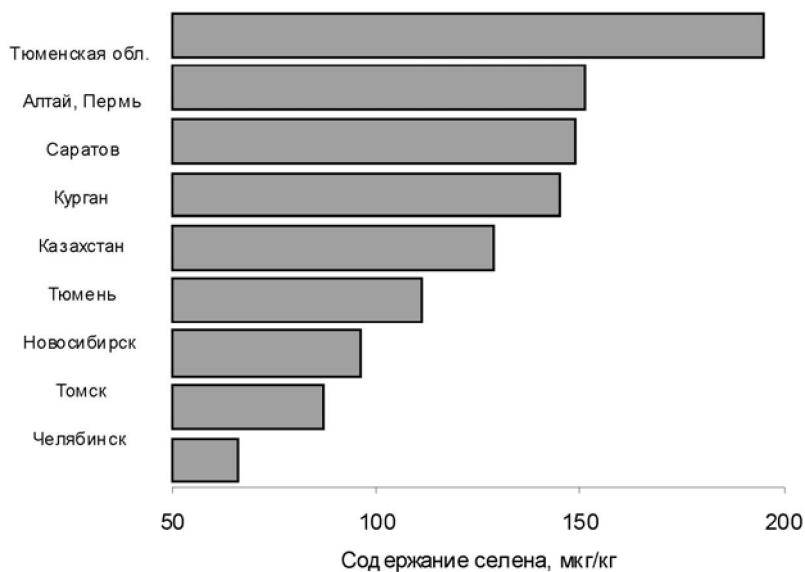


Рис.1. Содержание селена в пшеничной муке г.Сургута

ми железа и алюминия. Другой потенциальной возможностью коррекции селенового статуса населения Ханты-Мансийского автономного округа является научнообоснованный импорт пшеницы, богатой микроэлементом. С одной стороны, высокое содержание селена найдено в местном зерне (более 180 мкг/л). С другой, среди отечественных поставщиков пшеницы здесь должны быть задействованы Ростовская, Саратовская, Волгоградская области, Краснодарский край (уровень селена в пшенице 130-150 мкг/кг).

Существует еще один нерешенный вопрос в исследовании Ханты-Мансийского автономного округа – это установление селенового статуса коренного населения, численность которого в настоящее время составляет всего 25000 человек. Алкоголизм, смешанные браки, средняя продолжительность жизни не более 40 лет определяют условия проживания этого населения как условия экологического бедствия.

### Литература

- Ермаков В.В. 1999. Геохимическая экология как следствие системного изучения биосфера // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. М.: Наука. С.152-182.
- Голубкина Н.А. 1998. Влияние геохимического фактора на накопление селена зерновыми культурами и сельскохозяйственными животными в условиях России, стран СНГ и Балтии // Проблемы региональной экологии. №4. С.53-59.
- Голубкина Н.А., Мункуева С.Д. 2003. Содержание селена в пресноводной рыбе России // Хранение и переработка сельхозсырья. №4. С.15-20.
- Голубкина Н.А., Скальный А.В., Соколов Я.А., Щелкунов Л.Ф. 2002. Селен в медицине и экологии. М.: КМК. 134 с.
- Голубкина Н.А., Сомарриба О., Соколов Я.А. 1996. Селен волос как информативный показатель обеспеченности организма селеном // Вопросы питания. №3. С.14-18.
- Прудеева Е.Б. 2004. Биогеохимические факторы проявления энзоотических болезней минеральной недостаточности животных и человека в Забайкалье // Биохимическая индикация аномалий: Материалы VI чтений памяти В.В.Ковалевского. М.: Наука. С.183-194.
- Сидельникова В.Д. 1999. Геохимия селена в биосфере // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. М.: Наука. С.81-99.
- Alfthan G. 1984. A micromethod for the determination of selenium in tissues and biological fluids by single-test-tube fluorimetry // Anal. Chim. Acta. Vol.65. P.187-194.
- Alfthan G. 1999. The effect of selenium fertilization on glutathione peroxidase and selenoprotein P in Finland // Proc.7th Nordic Symp. on trace elements in human health and disease, Espoo. P.145.
- Alfthan G. 1993. The effect of selenium fertilization on the human selenium status and the environment // Norw. J. Agr. Sciences. Suppl.11. P.175-181.
- Ago A., Kumpulainen J., Alfthan G. 1994. Factors affecting the selenium intake of people in Transbaikalian Russia // Biol. Trace Elem. Res. Vol.40. P.277-285.
- Combs G., Combs S. 1986. The role of selenium in Nutrition. Acad.Press, N.Y.
- Golubkina N.A., Afthan G. 1999. The human selenium status in 27 regions of Russia // J. Trace Elem. Med. Biol. Vol.13. P.15-20.
- Ermakov V.V. 2001. Geochemical ecology of plants, animals and man // Biogeochemistry and geochemical ecology. M.