

На правах рукописи



**БУРЦЕВА
ТАТЬЯНА ИВАНОВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА СЕЛЕНОВОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)**

03.02.08 – Экология

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Москва - 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Научный консультант **Скальный Анатолий Викторович**
доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», директор института Биоэлементологии

Официальные оппоненты: **Тамбиев Александр Хапачевич**,
доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», главный научный сотрудник кафедры физиологии микроорганизмов, заслуженный деятель науки РФ

Курамшина Наталья Георгиевна
доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный университет экономики и сервиса»,
профессор кафедры охраны окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

Замана Светлана Павловна
доктор медицинских наук,
ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», профессор кафедры земледелия и растениеводства

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства.

Защита состоится «27» октября 2016 г., в 16 часов на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.203.38 при Российском университете дружбы народов по адресу: 115093, г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, на сайте dissovet.rudn.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Е.А. Ванисова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В основе любой жизнедеятельности лежит непрерывный обмен веществ между организмом и окружающей средой (Ковда В.А., Тюрюканов А.Н., 1970; Аллен Р.Д., 1981; Никольский А.А., 2014). Именно пища является одним из главных связующих звеньев организма с природой. Жизнь, пища и среда образуют единое целое. В этом отражена глубинная связь между живой и неживой («косной») материей (Вернадский В.И., 1927). Конкретным отражением этой связи являются, согласно концепции В.В. Ковальского, «биохимические пищевые цепи», связывающие окружающую среду через продукты питания с организмом человека (Ковальский В.В., 1987). Недостаток в пищевой цепочке жизненно важных макро- и микроэлементов, а в ряде случаев избыток токсичных веществ способствуют нарушению процессов жизнедеятельности, снижению адаптационных возможностей организма, ухудшению здоровья как отдельных людей, так и населения целых регионов (Авцын А.П. и др., 1991; Корчина Т.Я., 2008; Рахманин Ю.А., Михайлова Р.И., 2011; Агаджанян Н.А. и др., 2013). Микронутриенты обеспечивают функционирование более 300 ферментов, каталитическая активность которых зависит от адекватного поступления последних в организм человека (Тутельян В.А. и др., 2002, 2012; Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А., 2008; Радыш И.В., Скальный А.В., 2015; Schmidt E., 2004).

В настоящее время сложившуюся ситуацию в питании населения развитых стран и России в отношении обеспеченности микронутриентами можно оценить как проблемную (Онищенко Г.Г., 2009; Скальный А.В., 2010; Anke M., 2004; Tutelyan V.A., 2012). В современной жизни до минимально возможного уровня снижены энергозатраты человека, что соответствует столь же резким снижением потребности в энергии и в пище как единственном источнике микронутриентов (Тутельян В.А., 2009; Сетко Н.П. и др., 2011; Кучма В.Р., Рапопорт И.К., 2011). В то же время в условиях нарастающих стрессовых воздействий, экологических и негативных профессиональных факторов на организм человека потребность в ряде микроэлементов даже повысилась, а пищевая плотность рациона значительно снизилась (Мартинчик А.Н., 2005; Нотова С.В., 2007; Lee K.H., 2012).

Среди пищевых факторов, имеющих особое значение для поддержания здоровья человека, важнейшая роль принадлежит жизненно важным макро- и микроэлементам (Янин Е.П., 2012). Основные адаптационные возможности человека и поддержание высоких функциональных резервов организма являются следствием постоянства содержания химических элементов в организме и оптимального их поступления (Агири И.А. и др., 2013).

Селен является одним из наиболее дефицитных у современного человека эссенциальных микроэлементов, он играет важную биологическую роль в организме, а именно:

- участвует в формировании и функционировании антиоксидантной системы организма, которая предотвращает накопление в тканях свободных радикалов, инициирующих перекисное окисление липидов, белков,

нуклеиновых кислот и других соединений, приводящих к развитию более чем 100 заболеваний (Гмошинский И.В. и др., 2000; Горбачев А.Л. и др., 2001; Кикрпита Н.И., 2009; Гладышев В.Н. и др., 2011; Erbayraktar Z. et al., 2006; Голубкина Н.А. и др., 2013; Kim C.Y., 2014);

- играет исключительно важную роль в гормональном балансе щитовидной железы (Дубовой Р.М. и др., 2009; Мохорт Е.Г., 2011; Zagrodzki P., 2000; Combs G.F., 2006; Kvicala J. et al., 2006; Schweizer U. et al., 2006; Zhang Y., 2014);

- дефицит селена способствует высокой восприимчивости к инфекциям, в том числе к вирусу СПИД (Rayman M.P., 2000), развитию катаракты, бесплодию у мужчин, облысению, медленному росту детей, высокому риску заболевания болезнями сердечно-сосудистой системы и многими формами рака (Скальная М.Г., 2001; Голубкина Н.А., Папазян Т.Т., 2006; Василевская Л.С. и др., 2009; Rayman M.P., 2000; Roussel A.M., 2006; Sun L., 2014);

- у людей с дефицитом селена отмечается низкая продолжительность жизни и снижение ее качества из-за преждевременного старения (Голубкина Н.А., 2002; Тутельян В.А. и др., 2002; Минина Л.А. и др., 2008; Белецкая Э.Н. и др., 2011; Roussel A.M., 2006; Huag Y., 2014; Skalny A.V., 2014).

Установлено, что на уровень поступления селена в первую очередь влияет геологическое происхождение местности, а также система земледелия и особенности ассортимента и технологий пищевой промышленности (Корчина Т.Я., 2006; Студяникова М.А., 2007; Егорова А.А., 2007; Ермаков В.В., 2008; Anke M., Muller P. et al., 2005; Roussel A.M., 2006; Zhao J., 2014). Проведение широкомасштабных исследований особенно актуально в регионах с неблагоприятной экологической обстановкой, к которым относится Оренбургская область (Боев В.М., 2002; Ревич Б.А., 2004; Нотова С.В., 2015; Tinkov A.A. et al., 2014). Заслуживает внимания тот факт, что концентрация йода находится в прямой зависимости от содержания селена в организме человека. Многочисленными исследованиями установлено, что вся территория Оренбургской области является йоддефицитной провинцией (Боев В.М. и др., 2002; Конюхов В.А., 2005; Бурлуцкая О.И. и др., 2007; Барышева Е.С., 2008; Нотова С.В. и др., 2008), однако комплексные исследования по изучению селенового статуса на уровне региона ранее не проводились.

Следовательно, комплексный подход к изучению элементного статуса территорий, наиболее подверженных антропогенному воздействию, является актуальной проблемой в элементологии, биологии и медицине (Березкина Е.С. и др., 2011; Базилевская Е.М. и др., 2013). Это позволит разработать конкретные рекомендации по проведению целенаправленных мероприятий по оптимизации селенового статуса населения Оренбургской области и апробировать методологию оценки селенового статуса населения на региональном уровне в целом для дальнейшего использования в масштабах страны.

Цель исследования: разработать систему экологического мониторинга селенового статуса населения (на примере Оренбургской области) и выявить

факторы риска развития селензависимых заболеваний с целью их профилактики.

Задачи исследования:

1. Исследовать и изучить в объектах окружающей среды (воде, почве, пищевых продуктах) Оренбургской области содержание селена для установления причинно-следственных связей факторов, влияющих на формирование селенового статуса населения, и проведения экологического картирования исследуемой территории.

2. Провести анализ рационов питания различных групп населения, проживающего на территории Оренбургской области, а также проанализировать пищевые продукты, производимые на исследуемой территории, содержание селена с последующим ранжированием их.

3. Установить факторы экологического риска, непосредственно влияющие на формирование селенового статуса у различных групп населения, постоянно проживающего на территории Оренбургской области.

4. Определить факторы экологического риска и оценить их влияние на развитие селензависимых состояний, способствующих развитию селенассоциированных заболеваний.

5. Разработать систему экологического мониторинга селенового статуса населения Оренбургской области, включающую моделирование рисков и возможных причинно-следственных связей, с целью осуществления контроля и предупреждения селензависимых заболеваний.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Составленная картограмма по уровню содержания селена в почвах Оренбургской области позволила выявить территории экологического риска развития селензависимых заболеваний у человека и животных. Установлено, что средний по области уровень подвижных форм селена в образцах почвы варьирует достаточно широко – от 100 до 743 мкг/кг. Выявлены административные районы области, в пределах которых концентрация селена в почве колеблется в наибольшей степени (Новосергиевский, Кувандыкский, Гайский, Сорочинский, Новоорский).

2. Установлена ведущая роль почвы в аккумуляции селена продуктами растениеводства и животноводства, что подтверждается показателями содержания селена в зерновых продуктах ($95,8 \pm 23$ мкг/кг) и продуктах животного происхождения (например, в мышечной ткани крупного рогатого скота – 176 ± 28 мкг/кг).

3. Оренбургская область относится к селендефицитным биогеохимическим провинциям с выраженным дисбалансом антагонистов ртуть / селен, кадмий / селен и мышьяк / селен.

4. Кадмий влияет на обеспеченность селеном организма человека, так соотношение пары *кадмий / селен* – нарушено за счет избыточного накопления кадмия.

5. Установлены факторы и группы экологического риска, непосредственно влияющие на формирование селенового статуса у лиц,

постоянно проживающих на территории Оренбургской области: нарушение структуры питания, производственные факторы (промышленные и горнодобывающие предприятия).

6. Система экологического мониторинга обеспеченности населения селеном (Оренбургской области) позволяет моделировать экологические риски развития селенассоциированных заболеваний и возможные причинно-следственные связи с целью осуществления контроля и предупреждения селензависимых заболеваний на изучаемой территории.

Научная новизна работы. Впервые в Российской Федерации на примере региона проведено глубокое экологическое исследование пищевой цепочки человека (почва – растение – животное – человек) у жителей сельских районов, у которых доля потребления пищевых продуктов местного происхождения более высокая, чем у городского населения.

Для оценки селенового статуса впервые применен комплексный подход, заключающийся в составлении районированной картограммы и районировании административных и биогеохимических территорий по степени экологического риска развития селензависимых заболеваний.

Новыми являются данные широкомасштабных популяционных комплексных исследований: установлены факторы экологического риска и причинно-следственные эколого-биогеохимические факторы окружающей среды, влияющие на формирование селенового статуса и обеспеченность селеном фактических рационов питания различных половозрастных групп населения Оренбургской области.

Впервые выявлена зависимость селендефицитных состояний от уровня содержания селена в окружающей среде и пищевых продуктах у лиц, постоянно проживающих на территории Оренбургской области, что позволило определить группы риска развития селензависимых заболеваний среди различных половозрастных групп населения (дети, подростки, взрослые).

Целенаправленными исследованиями впервые было установлено, что биогеохимические факторы являются определяющими в формировании эндогенной и экзогенной селеновой недостаточности в районах Оренбургской области, что подтверждается выраженным дисбалансом антагонистов ртуть / селен, кадмий / селен и мышьяк / селен.

Разработана система экологического мониторинга селенового статуса населения (на примере Оренбургской области), составлен алгоритм моделирования экологического риска развития селензависимых заболеваний, предложена модель причинно-следственной связи с целью осуществления контроля и предупреждения указанных заболеваний на изучаемой территории.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009–2013 годы)» и при финансовой поддержке грантов и правительства Оренбургской области:

- В рамках государственного контракта № 64.853.10.6 от «30» июля 2010 г. Федерального медико-биологического агентства;

- РГНФ № 08-06-81603 а/У тема «Создание комплексной программы по оптимизации селенового статуса жителей аграрного региона с учетом эколого-социальных аспектов»;
- Муниципальный контракт № 120 от 20.08.2008 г. Проведение определения нутриентного статуса и мониторинга физического состояния учащихся образовательных учреждений Южного округа г. Оренбурга;
- РГНФ № 10-06-81602 а/У тема «Экологическая оценка содержания селена в экосистеме (почва, вода, продукты питания, человек) с целью улучшения качества продуктов питания, производимых на территории Оренбургского региона»;
- РГНФ № 11-16-56004 а/У тема «Гигиеническая оценка пищевого статуса детского и подросткового населения с целью улучшения качества жизни учащейся молодежи Оренбургской области»;
- Научно-исследовательская работа проведена в соответствии с планом научно-исследовательской работы № ГР 0120.0503365 «Анализа пищевого статуса по микронутриентной обеспеченности студентов и учащихся» Оренбургского государственного университета.

Теоретическая и практическая значимость работы. Используемые в проведенном комплексном исследовании методы оценки влияния биогеохимических факторов на селеновый статус населения Оренбургской области позволили разработать научно обоснованные рекомендации для планирования профилактических мероприятий, направленных на предупреждение развития селензависимых заболеваний среди населения, в первую очередь, с помощью использования обогащенных селеном пищевых продуктов.

Результаты настоящего исследования легли в основу разработки рационов питания для образовательных учреждений г. Оренбурга и Оренбургской области. Муниципальный контракт № 120 от 20.08.2008 г.

Результаты работы послужили основой для подготовки научных отчетов по грантам № 08-06-81603 а/У; № 10-06-81602 а/У; № 11-16-56004 а/У.

Результаты исследования вошли в учебные пособия «Функциональные продукты питания животного происхождения» и «Современные методы определения химических элементов» (рекомендованы научно-методическим советом Оренбургского государственного университета, 2010, 2011), «Развитие технологий функциональных и специализированных продуктов питания животного происхождения» (одобрено Советом института торговли и технологий Южно-Уральского государственного университета и научно-методическим советом национального Государственного университета им. Шакарима, 2015).

Материалы диссертации внедрены в работу НИИ Мясного скотоводства (Акт от 25.11.2015).

Материалы диссертационного исследования рекомендуется использовать в работе кафедр и факультетов медицинского направления ведущих вузов

страны; в научных исследованиях и учебном процессе на кафедрах химико-биологического и естественнонаучного факультетов Оренбургского государственного университета, а также Южно-Уральского государственного университета и Государственного университета им. Шакарима города Семей.

Апробация работы. Результаты исследований доложены и обсуждены на семинарах кафедры нутрициологии и биоэлементологии ОГУ и Института биоэлементологии ОГУ (Оренбург, 2006–2011), на I Всероссийском съезде диетологов и нутрициологов «Диетология: проблемы, горизонты» (Москва, 2007), на XII Международном симпозиуме «Эколого-физиологические проблемы адаптации» (Москва, 2007), на Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии обеспечения безопасности питания и окружающей среды» (Оренбург, 2007), на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование» (Оренбург – Пермь, 2008), на Международном симпозиуме, посвященном 80-летию академика РАМН Н.А. Агаджаняна, «Адаптационная физиология и качество жизни: проблемы традиционной и инновационной медицины» (Москва, 2008), на IX Международной конференции молодых ученых «Пищевые технологии и биотехнологии» (Казань, 2008), 6-й Международной биогеохимической школе «Биогеохимия в народном хозяйстве: фундаментальные основы ноосферных технологий» (Астрахань, 2008), на 4th Int. Symp. FESTEM (Russia, St. Petersburg, 2010), на «EUSUHM-2011» «Education and health from childhood to adult life» (Russia, Moscow, 2011), на Всероссийской научно-практической конференции «Культура, здоровье и образование: состояние, проблемы, перспективы» (Екатеринбург, 2011), на III Международной научно-практической конференции «Биоэлементы» (Оренбург, 2011), на Всероссийской научно-практической конференции «Югра – за здоровый образ жизни» (Ханты-Мансийск, 2012), на XV Всероссийском симпозиуме «Эколого-физиологические проблемы адаптации» (Москва, 2012), на 5-м Интернациональном семинаре по селену «Selenium: biology, clinical and preventive medicine, nutrition» (Ярославль, 2015).

Личный вклад автора составляет более 80 % и заключается в формулировании проблемы, постановке цели и задач работы, выборе методов и объектов исследования, выполнении аналитической работы, обобщении и интерпретации полученных данных, подготовке научных публикаций.

Мы выражаем глубокую благодарность старшему преподавателю кафедры прикладной математики Оренбургского государственного университета (ОГУ), к.т.н. Араповой О.А. за помощь в выполнении статистических исследований, а также студентам факультета пищевых производств ОГУ 2007-2008 года обучения за оказанную помощь в отборе проб (объектов окружающей среды, продуктов питания и биосубстратов – волос). Особую благодарность мы выражаем д.с-х.н. Голубкиной Н.А. за проведение лабораторных исследований и систематизацию полученных результатов.

Публикации. По теме диссертации получен один патент РФ № 2539861, опубликовано: одна коллективная монография, три учебных пособия для студентов вузов, 55 научных статей, из которых 23 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для соискания ученой степени доктора биологических наук.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 291 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания методов исследования, 5 глав результатов собственных исследований, заключения, выводов и приложения. Список литературы включает 328 источников, в том числе 189 отечественных и 139 зарубежных авторов. Диссертация содержит 93 таблицы, иллюстрирована 36 рисунками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследований. Для решения поставленных задач был применен комплекс экологических, аналитических и статистических методов исследования, позволяющих реализовать запланированный объем работ. Дизайн исследований представлен на рисунке 1. В нашем исследовании приняли участие 1260 человек, постоянно проживающих на территории Оренбургской области.

С целью определения концентрации селена в сыворотке крови на станциях переливания крови Оренбургской области (г. Бузулук, г. Орск, г. Оренбург) было отобрано 300 проб сыворотки крови доноров, по 100 проб с каждой станции.

Группы населения (рационы питания n =973), биосубстраты (волосы n – 1260)	Дети (n – 224)		Подростки (n – 197)			Взрослые (n – 839)		
	Рабочие промышленного предприятия (n – 277)	Рабочие горнодобывающего и перерабатывающего предприятия (n –163)			Офисные служащие (n – 178)	Сельское население (n – 221)		
Анализ (сыворотки крови), доноры из трех эколого- географических зон Оренбургской области (n – 300)	Западная зона (n – 100)		Центральная зона (n – 100)			Восточная зона (n – 100)		
Объекты окружающей среды (n – 1050)	Почва (n – 525)					Вода (n – 525)		
Продукты растительного происхождения (n – 1575)	Пшеница (n – 525)		Хлеб пшеничный (n – 525)			Хлеб ржаной (n – 525)		
Продукты животного происхождения (n – 2140)	Молоко (n – 525)		Творог (n – 525)	Мясо говядина (n – 520)	Мясо свинина (n – 210)	Мясо курятины (n – 245)	Яйца куриные (n – 105)	Рыба речная (n – 10)

Рис. 1 – Дизайн исследования селенового статуса населения Оренбургской области

В 35 районах Оренбургской области в осенний период 2008 года были отобраны пробы почвы и подземных вод – по 15 проб. Отбор проб почвы осуществлялся согласно МУ по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003). Отбор проб подземных вод осуществлялся из колодцев, скважин и каптажей родников в сельской местности Оренбургской области в пластиковые пробирки с глубины не менее 10 метров (ГОСТ Р 51593-2000 «Вода питьевая»).

Всего в осенний период 2008 года было отобрано 1575 проб продуктов питания растительного происхождения согласно ГОСТ:

- зерно пшеницы – 525 проб (ГОСТ 26312.1-84 «Крупа»);
- хлеб пшеничный – 525 проб (ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия»);
- хлеб ржаной – 525 проб (ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия»).

Всего в осенний период 2008 года было отобрано 2140 проб продуктов питания животного происхождения согласно ГОСТ:

- молоко – 525 проб (ГОСТ 3622-68 «Молоко и молочные продукты»);
- творог – 525 проб (ГОСТ 3622-68 «Молоко и молочные продукты»);
- мясо говядина – 520 проб (ГОСТ 7269-79 «Мясо»);
- мясо свинина – 210 проб (ГОСТ 7269-79 «Мясо»);
- курица – 245 проб (ГОСТ 7202.0-74 «Мясо птицы»);
- яйца – 105 проб (ГОСТ Р 52121-2003 «Яйца»);
- рыба – 10 проб (Карась “*Argyropes*”, река Урал – ГОСТ 7631-85 «Рыба и продукты переработки»).

Все исследуемые образцы продуктов и воды хранили до начала анализа при – 20 °С.

Методы исследования, используемые в работе.

Анкетный метод. Проведено анкетирование всех обследованных лиц с применением разработанной нами анкеты, включающей:

- субъективную оценку состояния своего здоровья (перенесенные заболевания, взаимосвязь этих заболеваний с теми или иными факторами, жалобы);
- рацион питания каждого респондента (анализ трехдневного рациона питания, при этом один день приходился на выходной). На основании данных анкет рассчитывались индивидуальные среднесуточные рационы.

Расчетный метод. Оценка фактического питания обследованных лиц производилась с помощью программы «АСПОН-Питание», разработанной под руководством профессора Воронцова И.М. в Санкт-Петербургской медицинской академии (БИМК-Д, 1996 г., г. Санкт-Петербург), утв. ЦГСЭН РФ в 1996 г. Полученные результаты сравнивались с нормами физиологической потребности (МР 2.3.1.24.32-08). Устанавливалась частота дефицита или избытка поступления селена с фактическими рационами по сравнению с рекомендуемыми величинами в изучаемых популяциях

группах. За норму, согласно рекомендациям по использованию программы «АСПОН-Питание», был принят диапазон, соответствующий 85–135 % среднесуточной потребности в селене данной возрастной группы.

Лабораторные методы исследования. Для изучения селенового статуса организма обследованных лиц в качестве биосубстратов использовались образцы волос и сыворотки крови. Определение содержания селена в диагностируемом биосубстрате (волосах, сыворотке крови) выполнялось на базе испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», аккредитованной Федеральным центром Госсанэпиднадзора РФ (директор – д.м.н., профессор Скальная М.Г.), в соответствии с методическими указаниями (МУК 4.1.1482-03, 4.1.1483-03), утвержденными МЗ РФ.

Исследования по определению селена в объектах окружающей среды и продуктах питания проводили флуориметрически в лаборатории НИИ Питания РАМН (руководитель лаборатории – д.м.н., профессор Хотимченко С.А., исполнитель – д.с.-х.н. Голубкина Н.А.). В строгом соответствии с методическими указаниями (МУК 4.1.033-95).

Расчет экспозиции на основании медианы содержания селена производили согласно утвержденной (МУ 2.3.7.2519-09) формуле:

$$E_{\text{xp}} = \frac{\sum_{i=1}^N (C_i * M_i)}{BW}, \text{ где}$$

E_{xpmed} – значение экспозиции исследуемого элемента;

C_i – содержание исследуемого элемента в продукте;

M_i – потребление исследуемого продукта;

BW – масса тела человека;

N – общее количество продуктов, включенное в исследование.

Ранжирования продуктов питания и определения вклада в общее значение экспозиции произвели согласно утвержденной (МУ 2.3.7.2519-09) формуле:

$$\text{Contr}_i = \frac{C_i * M_i}{\sum_{i=1}^N (C_i * M_i)} * 100\%, \text{ где}$$

Contr_i – вклад исследуемого продукта в общее значение экспозиции;

C_i – содержание исследуемого элемента в продукте;

M_i – потребление исследуемого продукта.

Экологический риск рассчитывается с использованием величины F и стандартных значений массы тела человека – 70 кг (Руководства по оценке риска Р.2.1.10.1920-04).

$$R = F \cdot \frac{1}{70}. \quad (1)$$

Применим рассматриваемый подход к данным о концентрации селена в волосах обследованных лиц. В качестве фактора наклона (F) используются балльные оценки центильных значений: содержание микроэлемента в волосах человека 0–25 центилей – 1 балл, 25–50 центилей – 2 балла, 50–75 центилей – 3 балла, 75–100 центилей – 4 балла. Аналогично мы представили и содержание селена в воде и пшенице.

Статистическую обработку материала производили с использованием

пакета программ MS Excel и программы STATISTICA version 6.1.

Тип распределения для выборок определяли с помощью критерия Шапиро–Уилка. Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовали среднее арифметическое (M), стандартную ошибку среднего арифметического (m), минимальное (\min) и максимальное (\max) значения. Параметры с ненормальным распределением и наличием ряда экстремальных значений представляли как медиану (Me), а в качестве мер рассеивания использовали 25-75 перцентилей (pc).

Достоверность различий изучаемых параметров анализировали с применением критериев Фишера–Стьюдента и Манна–Уитни: за достоверные принимали различия при значениях $< 0,05$. Для определения тесноты и достоверности связи между параметрами применяли критерий ранговой корреляции Спирмена (r_s), который является непараметрическим аналогом коэффициента Пирсона для интервальных и порядковых переменных, не подчиняющихся нормальному распределению.

Коэффициент равен $+1,0$ при прямой связи, $-1,0$ – при обратной связи, 0 – при отсутствии связи. Сила корреляционной связи оценивалась качественно: при r от 0 до $-0,3$ и до $+0,3$ – как отсутствие ее или слабая; при r до $0,5$ – как умеренная; при r от $0,51$ до $0,7$ – как средняя; при r более $0,71$ – как сильная (Лакин Г.Ф., 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно прогнозам ряда исследователей (Блиннохватов П.Ф., 2002; Голубкина Н.А., Папазян Т.Т., 2006), содержание селена в продуктах растениеводства будет неуклонно падать. Это связано с повсеместным уменьшением содержания гумуса, закислением и повышением загрязнения почв тяжелыми металлами и соединениями серы. Особенно актуальны исследования по установлению селенового статуса территории и населения в экологически неблагоприятных регионах с высокой антропогенной нагрузкой, к которым относится Оренбургская область. Необходимо подчеркнуть, что в данном регионе селеновый статус населения и территории в целом ранее не изучался.

Исследованиями установлено, что миграция и перераспределение химических элементов в биосфере происходит в значительной степени за счет их переноса водной средой (Рахманин Ю.А. и др., 2005). В связи с этим вода выступает в качестве первичного звена, определяющего адекватность адаптации организмов к факторам геохимической среды (Скальная М.Г., 2004; Жестяников А.Л., 2005; Серпов В.Ю., 2005; Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., 2013; Kurttio P., 1998; Tanner M.S., 1998). Следовательно, исследование химического состава источников питьевого водоснабжения является принципиальным для понимания специфики элементного статуса населения в целом и причин возникновения эндемических микроэлементозов – заболеваний биогеохимической природы (Авцын А.П. и др., 1991; Бабенко Г.А., 2001; Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. В., 2008).

Установлено, что в природных водах Оренбургской области

содержание селена в подавляющем большинстве проб воды низкое. Уровень селена в *подземных водах* находится в интервале концентраций 0,018–0,319 мкг/л, что значительно ниже ПДК и среднего уровня содержания селена (по литературным данным). Так, по данным Н.А. Голубкиной (2006), допустимая концентрация селена в питьевой воде составляет 10 мкг/л. По концентрации селена подземная вода Оренбургской области сходна с водой родников г. Москвы (Голубкина Н.А. и др., 2011).

В.Л. Сусликовым (2000) отмечено сложное взаимодействие геохимических особенностей биосферы с живыми организмами: в ней осуществляются постоянно через последовательные звенья пищевой биогеохимической цепи и во многом определяются природные и антропогенные концентрации химических элементов, с одной стороны, и пороговые чувствительности живых организмов – с другой стороны. Известно, что биогеохимическая пищевая цепь селена в различной степени захватывает все части биосферы. Концентрация селена в организме здорового человека – относительно постоянная величина, характерная для конкретного района проживания, она зависит от содержания селена в почвах, продуктах питания и питьевой воде.

По устройству поверхности, геологическому строению и антропогенной нагрузке Оренбургскую область делят на три части: западную – Предуралье, центральную – горный Урал и восточную – Зауралье (Прихожай Н.И. и др., 2004). Согласно данному делению мы представили содержание селена в объектах окружающей среды: воде, почве (табл. 1).

Таблица 1

Содержание селена в объектах окружающей среды Оренбургской области (вода, мкг/л; почва, мкг/кг)

Показатель	Восточная зона		Центральная зона		Западная зона	
	вода	почва	вода	почва	вода	почва
Среднее (M)	0,166	328	0,164*	252	0,118	241
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	0,0023	76	0,0054	104	0,0014	145
Стандартная ошибка (m)	0,0012	39	0,0013	34	0,0007	42
Медиана (Me)	0,151	263	0,167*	250*	0,09	142
Минимум (Min)	0,67	151	0,51	109	0,017	91
Максимум (Max)	0,289	743	0,238	546	0,279	734
n	120	120	180	180	225	225

Примечание: * - отличие между центральной и западной зонами достоверно ($p < 0,05$).

Известно, что содержание селена в водах из подземных питьевых источников косвенно отражает содержание селена в почвах (Сусликов В.Л., 2000). Нами показано, что в восточной зоне Оренбургской области концентрация селена в воде и в почве, в 1,4 и 1,3 раза больше, чем в западной зоне. Данный факт мы связываем с эмиссией селена горнодобывающими и металлургическими предприятиями восточного Оренбуржья, так как известно, что в рудах медно-цинково-колчеданных месторождений

содержание селена самое высокое и достигает $n = 100$ г/т (Иванов В.В., 1996).

Кроме того, обращает на себя внимание и тот факт, что максимально высокое содержание селена обнаруживается в почвах восточной и центральной зоны, что связано, скорее всего, с точечным загрязнением почвенного покрова в результате добычи в восточной зоне не только руды, но и углеводородов (Иванов В.В., 1996).

Нами также отмечено достоверное ($p < 0,05$) отличие среднего содержания селена (вода) и медианы в образцах проб (вода, почва) между центральной и западной зонами Оренбургской области.

Изучая результаты содержания селена в пшенице, мы отметили наибольшее содержание микроэлемента в восточной зоне, что, вероятно, связано с относительно высоким содержанием его в почве и воде (табл. 2).

Таблица 2

Содержание селена в пшенице, хлебе пшеничном и ржаном, произведенных на территории Оренбургской области, (мкг/кг)

Показатель	Восточная зона			Центральная зона			Западная зона		
	пшеница	пшеничный	ржаной	пшеница	пшеничный	ржаной	пшеница	пшеничный	ржаной
Среднее (M)	100	203	121	97	184	105	93	171	104
Доверит. интервал с $P=0,95$ (\pm)	6,3	20	17	18	47	37	23	55	37
Стандартная ошибка (m)	3	10	9,1	5,9	15	12	6,5	15	11
Медиана (Me)	102	206	114	252	98	175	95	169	97
Минимум (Min)	62	120	52	64	104	52	57	103	52
Максимум (Max)	130	292	224	158	272	181	187	310	177
n	120	120	120	180	180	180	225	225	225

Кроме того, прослеживается четкая тенденция к снижению содержания селена с востока на запад во всех исследуемых растительных пищевых продуктах. Так, в восточной зоне содержание селена в пшенице составляет 100 ± 3 мкг/кг, в центральной и западной зонах – $97 \pm 5,9$ и $93 \pm 6,5$ мкг/кг соответственно. Аналогичная ситуация складывается по содержанию селена в хлебе пшеничном и ржаном.

Тенденция к снижению содержания селена в восточной > центральной > западной зонах сохраняется и в продуктах животного происхождения (табл. 3).

Нашими исследованиями установлено более высокое содержание селена в говядине из восточной зоны Оренбургской области (в 1,3 и 1,9 раз выше, чем в центральной и западной зоне). Аналогичная тенденция складывается и по содержанию селена в мясе свинном: в восточной зоне области содержание селена в мясе составило 408 ± 23 мкг/кг, что в 1,3 раза выше, чем в мясе из западной зоны, где содержание селена составило 308 ± 14 мкг/кг ($p < 0,05$). Кроме того, установлена тенденция к снижению: содержание селена в свином мясе по медианам в западной зоне в 1,3 раза ниже ($p < 0,1$), чем в центральной зоне. Что касается курятины, то здесь

наблюдается сближение результатов, однако прослеживается слабая тенденция к снижению содержания селена в мясе курином в западной зоне.

Таблица 3

Содержание селена в мясе говядины, свинины и курятине, произведенных на территории Оренбургской области, (мкг/кг)

Показатель	Восточная зона			Центральная зона			Западная зона		
	говя- дина	сви- нина	куря- тина	говя- дина	сви- нина	куря- тина	говя- дина	сви- нина	куря- тина
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднее (M)	209	408*	153	155	368	152	106	308	139
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	28	46	7,8	13	36	6,2	12	28	4,5
Стандартная ошибка (m)	14	23	3,9	6,8	18	3,1	6,3	14	2,3
Медиана (Me)	183	363	153	136	400	159	100	288**	134
Минимум (Min)	134	291	120	103	200	123	52	179	120
Максимум (Max)	386	666	185	283	603	180	181	539	176
n	120	44	59	178	75	81	222	91	105

Примечание: * – отличие между восточной и западной зонами достоверно ($p < 0,05$);

** – тенденция к отличию между центральной и западной зонами ($p < 0,1$).

Результаты содержания селена в диетических продуктах (молоко, творог, яйца), произведенных на территории Оренбургской области, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Содержание селена в диетических продуктах (молоке, твороге, яйцах), произведенных на территории Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Восточная зона			Центральная зона			Западная зона		
	молоко	творог	яйцо	молоко	творог	яйцо	молоко	творог	яйцо
Среднее (M)	32	154	352	31	167	352	25	138	340
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	4,8	12	8,3	3,9	20	5,6	2,9	9,8	4,2
Стандартная ошибка (m)	2,5	6,4	4,3	2,0	10	2,8	1,5	5	2,1
Медиана (Me)	30	153	353	28,5	162	354	24	131	342
Минимум (Min)	11	100	316	14	83	317	7	90	316
Максимум (Max)	61	215	381	62	348	377	62	227	370
n	120	120	24	180	180	36	225	225	45

Оценивая диетические продукты питания (молоко, творог, яйца) мы не обнаружили четкой тенденции к снижению содержания селена в яйцах по линии *восточная – центральная – западная зоны*. Возможно, это связано с защитными механизмами организма животных, которые препятствуют поступлению селена в молоко и яйца (Шалмина Г.Г. и др., 2002). Нашими исследованиями показано, что содержание селена в молоке из восточной зоны в 1,3 раза выше, чем в молоке из западной зоны. Относительно повышенное содержание установлено в твороге из центральной зоны,

которое в 1,2 раза выше, чем в твороге из западной зоны. Наряду с этим каких-либо значимых различий по содержанию селена в яйцах не установлено.

Анализ полученных данных по накоплению селена в волосах показывает четкую тенденцию к снижению исследуемого элемента в направлении с восточной ($0,439 \pm 0,039$ мкг/кг) в центральную ($0,412 \pm 0,027$ мкг/кг) и западную зону Оренбургской области ($0,359 \pm 0,025$ мкг/кг). Причем у обследованных жителей из восточной зоны содержание селена в волосах в 1,2 раза достоверно ($p < 0,05$) выше, чем у жителей из западной зоны. Сравнительный анализ показателей обследованного населения с аналогичным показателем населения Приволжского федерального округа в целом установил снижение содержания селена в волосах у жителей Оренбургской области почти в 2,5 раза (Табл. 5).

Таблица 5

Содержание селена в исследуемых биосубстратах (волосах) жителей Оренбургской области, (мкг/кг)

Показатель	Восточная зона	Центральная	Западная зона
Среднее ($M \pm m$)	$0,439 \pm 0,039^*$	$0,412 \pm 0,027$	$0,359 \pm 0,025$
Доверит. интервал с $P=0,95$ (\pm)	0,077	0,054	0,053
Медиана (Me)	0,373	0,423	0,281
Минимум (Min)	0,024	0,012	0,049
Максимум (Max)	1,14	1,021	0,975
n	57	73	91
ПФО, n = 10728	$1,154 \pm 9,2$		

Примечание: * – отличие достоверно $p < 0,05$ (от западной зоны).

Проведенный корреляционный анализ позволил установить большое число взаимосвязей между содержанием селена в объектах окружающей среды и пищевых продуктах. Кроме того, показана достоверная взаимосвязь между содержанием селена в пищевых продуктах и волосах обследованного населения Оренбургской области. Данный факт отмечен во всех изучаемых зонах области.

Максимальное число положительных корреляционных взаимосвязей выявлено в западной зоне, где дефицит селена в окружающей среде и пищевых продуктах ярко выражен.

Рассматривая установленные корреляционные взаимосвязи, мы обратили внимание на средние взаимосвязи между водой и почвой во всех исследуемых зонах. Умеренные и средние взаимосвязи выявлены между почвой / пшеницей и водой / пшеницей в западной и восточной зонах, где установлено пониженное содержание селена в окружающей среде относительно центральной зоны. Аналогичная тенденция характерна для пшеничного и ржаного хлеба: так, установлены средней силы связи между содержанием селена в хлебе пшеничном / почвой и сильные связи между пшеничным хлебом / пшеницей во всех исследуемых зонах.

Что касается мясных продуктов, то установлены средние

корреляционные взаимосвязи между почвой / мясом свиным, почвой / говядиной и почвой / курятиной во всех исследуемых зонах области. Аналогичная тенденция сложилась и по диетическим пищевым продуктам, где установлена средняя и сильная взаимосвязь между содержанием селена в почве и исследуемых продуктах (молоке, твороге, яйцах), что отмечено во всех исследуемых зонах Оренбургской области.

Таким образом, можно заключить, что ведущую роль в аккумуляции селена пищевыми продуктами как растительного, так и животного происхождения играет содержание исследуемого элемента в почве. В свою очередь именно содержание селена в пищевых продуктах оказывает решающее влияние на накопление селена в волосах, что подтверждается многочисленными достоверными корреляционными связями, прежде всего, в паре *пшеница / волосы*. Дефицит селена у человека как у конечного звена пищевой цепочки может возникать не только в условиях природно-эндемического гипоселеноза, как в Забайкалье, Финляндии и других регионах мира, но и в регионах с повышенной эмиссией неорганических форм селена при наличии неблагоприятных экологических факторов, которые препятствуют аккумуляции селена растениями, животными и, в конечном итоге, поступлению в организм человека.

*Особенности содержания селена в исследуемых объектах
окружающей среды и пищевых продуктах
в зависимости от доминирующего состава почв*

Как известно, содержание селена в почвах поверхностного слоя на Земле составляет 400 мкг/кг с некоторыми вариациями в различных странах (Сусликов В.Л., 2000). По данным А. Kabata-Pendias (1993), содержание селена в поверхностном слое почвы на территории бывшего СССР составляет 50–320 мкг/кг. Нашими исследованиями показано, что в черноземах Оренбургской области содержание селена составляет 216–290 мкг/кг, причем содержание селена в черноземах южных в 1,3 и в 1,2 раза ниже, чем в черноземах обыкновенных и типичных (табл. 6).

Таблица 6

Распределение содержания селена в поверхностных слоях почвы
Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Южный (черноземы южные)		Центральный (черноземы обыкновенные)		Северный (черноземы типичные)	
	вода	почва	вода	почва	вода	почва
Среднее (M)	0,125	216	0,164	290	0,137	280
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	0,17	32	0,15	47	0,19	63
Стандартная ошибка (m)	0,91	16	0,8	24	0,99	32
Медиана (Me)	0,110	189	0,132	259	0,109	222
Минимум (Min)	0,17	109	0,65	100	0,51	91
Максимум (Max)	0,238	548	0,289	743	0,279	734
n	150	150	225	225	150	150

Среднее содержание селена в подземных водах, по данным В.Л. Сусликова (2000), составляет 0,91 мкг/л, тогда как нашими исследованиями показано, что содержание селена в подземных водах Оренбургской области всего 0,125–0,164 мкг/л. Надо отметить, что относительно низкое содержание селена характерно для всей территории исследуемой области.

В связи с тем, что распределение величины содержания селена в исследуемых образцах почвы не подчиняется закону нормального распределения, мы проанализировали медиану. Так, в черноземах обыкновенных медиана содержания селена в 1,37 раз и в 1,16 раз была выше, чем аналогичный показатель, рассчитанный для черноземов южных и черноземов типичных соответственно.

В таблице 7 мы представили данные по содержанию селена в пшенице и пшеничном, ржаном хлебе в зависимости от почвенного покрова Оренбургской области.

Таблица 7

Содержание селена в пшенице и пшеничном, ржаном хлебе в зависимости от почвенного покрова Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Южный (черноземы южные)			Центральный (черноземы обыкновенные)			Северный (черноземы типичные)		
	пшеница	пшеничный	ржаной	пшеница	пшеничный	ржаной	пшеница	пшеничный	ржаной
Среднее (M)	96	171	102	92	177	107	101	200	115
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	6,6	13	10	5,7	15	13	8,3	20	14
Стандартная ошибка (m)	3,3	6,9	5,4	2,9	7,9	6,8	4,2	10	7,4
Медиана (Me)	100	167	100	94	164	93	101	200	118
Минимум (Min)	60	117	52	57	103	52	60	104	52
Максимум (Max)	158	266	158	130	292	224	187	310	181
n	150	150	150	225	225	225	150	150	150

Как известно, хлебные злаки относят к группе растений с умеренным накоплением селена (Сусликов В.Л., 2000; Голубкина Н.А., 2006). Наши исследования показывают относительно низкое накопление микроэлемента местной пшеницей (содержание составляет 57–187 мкг/кг). При этом достоверных различий в содержании селена в пшеничном и ржаном хлебе не установлено.

В таблице 8 приведены данные по содержанию селена в исследуемых образцах основных сортов мяса, используемых в рационе жителей Оренбургской области. Видна тенденция к более низкому содержанию селена в говядине и свинине из южного района (черноземы южные).

Таблица 8

Содержание селена в мясных продуктах в зависимости от расположения исследуемых районов Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Южный (черноземы южные)			Центральный (черноземы обыкновенные)			Северный (черноземы типичные)		
	говя- дина	сви- нина	кура- тина	говя- дина	сви- нина	кура- тина	говя- дина	сви- нина	кура- тина
Среднее (M)	148	296	138	187	364	150	180	356	146
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	9,2	19	5,4	21	39	5,8	19	36	6,7
Стандартная ошибка (m)	4,7	9,9	2,7	10,7	20	2,9	9,8	18	3,4
Медиана (Me)	150	307	130	171	334	151	205	407	143
Минимум (Min)	103	183	121	109	179	120	109	200	121
Максимум (Max)	192	367	173	386	666	185	240	471	174
n	150	150		225	225		150	150	

Как известно, основу рациона сельскохозяйственных животных составляет сено (из местных трав) и зерно местного происхождения. Согласно данным проведенного нами опроса, в рационе КРС и свиней унифицированные корма составляли незначительную часть, что ведет к проявлению геохимических особенностей исследуемого региона. В рацион домашней птицы обязательно включают унифицированные корма в больших количествах с целью повышения продуктивности, что стирает биогеохимические особенности исследуемых районов Оренбургской области. Этот факт подтверждается сближением показателей содержания селена в куриных яйцах из разных районов.

Более четкие различия установлены по содержанию селена в мясе говяжьим и свином. Так, содержание селена в мясе из центрального района, где преобладают черноземы обыкновенные, в 1,2 раза выше, чем в северном и южном районе, где преобладают черноземы типичные и южные соответственно (табл. 9).

Данные о содержании селена в диетических продуктах представлены в таблице 9.

Таблица 9

Содержание селена в диетических продуктах в зависимости от расположения исследуемых районов Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Юг (черноземы южные)			Центральный (черноземы обыкновенные)			Север (черноземы типичные)		
	молоко	творог	яйцо	молоко	творог	яйцо	молоко	творог	яйцо
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднее (M)	24	131	340	28	152	322	30	170*	352

Продолжение Табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Доверит. интервал с $P=0,95$ (\pm)	2,7	7,3	5,1	3,5	9,8	5,7	4,64	27	6,7
Стандартная ошибка (m)	1,4	3,7	2,5	1,7	5,0	2,95	2,4	13	3,4
Медиана (Me)	24,5	129	341	28	151	357	24	169	344
Минимум (Min)	8	100	316	8	90	315	7	83	316
Максимум (Max)	40	183	370	61	219	381	62	348	376

Примечание: * – отличие достоверно $p < 0,05$ (от западной зоны).

Анализируя содержание селена в диетических продуктах, мы обнаружили наиболее высокое его содержание в молоке, молочном твороге и яйцах куриных из северного района, что почти в 1,2 раза достоверно ($p < 0,05$) выше, чем в продуктах из южного и центрального районов. Возможно, данная ситуация связана с биорегуляцией организма животных, так как аналогичная ситуация наблюдается и по содержанию селена в волосах обследуемого населения (табл. 10). По данным Н.А. Голубкиной и Я.А. Соколова (2012), существует множество экспериментальных данных, свидетельствующих о существовании мощного гормонального регулирования показателей селенового статуса млекопитающих. Так, содержание селена почти в 1,4 раза выше в волосах обследуемых жителей из северного района по сравнению аналогичным показателем в волосах жителей из южного и центрального районов. Вместе с тем в окружающей среде и пищевых продуктах центрального района содержание селена выше, чем северного района.

Таблица 10

Содержание селена в волосах обследованных жителей в зависимости от расположения исследуемых районов Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Юг (черноземы южные)	Центральный (черноземы обыкновенные)	Север (черноземы типичные)
Среднее (M)	0,331	0,379	0,521↑
Доверит. интервал с $P=0,95$ (\pm)	0,047	0,04	0,073
Стандартная ошибка (m)	0,024	0,02	0,037
Медиана (Me)	0,298	0,367	0,525
Минимум (Min)	0,012	0,039	0,043
Максимум (Max)	0,754	1,14	0,975

Проведенный корреляционный анализ позволил установить большое число взаимосвязей между содержанием селена в объектах окружающей среды и пищевых продуктах. Кроме того, показана достоверная взаимосвязь между содержанием селена в пищевых продуктах и волосах обследованного населения Оренбургской области. Исключение составляет только южный район области, где установлено низкое содержание селена в окружающей среде и пищевых продуктах. Нами показана сильная корреляционная связь

между содержанием селена в паре *пшеница / волосы* и отмечена слабая связь в парах *молоко / волосы* и *яйцо / волосы*. Максимальное число положительных корреляционных взаимосвязей выявлено в центральном районе.

Рассматривая установленные корреляционные взаимосвязи, мы обратили внимание на существенные взаимосвязи между содержанием селена в воде и почве во всех исследуемых районах. Данный факт был отмечен и в анализе, проведенном по зонам исследуемой области. Также установлены средние взаимосвязи по селену между парами *почва / пшеница* и *вода / пшеница* в северном и центральном районах Оренбургской области. В южном районе показана слабая взаимосвязь в парах *почва / пшеница* ($r = 0,38$), что, как мы думаем, связано с низким содержанием селена в черноземах южных. Нами установлены средние по силе связи между содержанием селена в паре *пшеничный хлеб / почва* и сильные связи в паре *пшеничный хлеб / пшеница* во всех исследуемых районах.

Что касается мясных продуктов, то нами отмечены средние корреляционные взаимосвязи между содержанием селена в парах *почва / мясо свиное*, *почва / говядина* и *почва / курятина* во всех исследуемых районах области. Аналогичная тенденция сложилась и по диетическим продуктам питания, где установлена средняя и сильная взаимосвязь между содержанием селена в почве и исследуемых пищевых продуктах (молоке, твороге, яйцах), что типично для всех районов Оренбургской области.

Таким образом, можно заключить, что ведущим фактором, предопределяющим аккумуляцию селена пищевыми продуктами как растительного, так и животного происхождения, является содержание микроэлемента в почве. В свою очередь, именно продукты питания оказывают решающее влияние на накопление селена в волосах, что подтверждается многочисленными достоверными корреляционными связями, прежде всего, в паре *пшеница / волосы*. Это подтверждает представление о том, что в волосах накапливается селен в органической форме, характерной для пищевых продуктов. Исходя из данных Н.А. Голубкиной и Я.А. Соколова (2012), следует учитывать такое влияние на селеновый статус живых организмов, как гормональная регуляция.

Уровень популяционного здоровья в большей степени зависит, во-первых, не просто от избытка в окружающей среде химических элементов техногенного или природного происхождения, а от баланса (равновесия) между потенциально опасными химическими элементами и эссенциальными макро- и микроэлементами, являющимися их антагонистами; а во-вторых, не столько от комфортности природно-климатических условий, сколько от геохимических и техногенно обусловленных особенностей территории. Наиболее неблагоприятно влияет на уровень популяционного здоровья сочетание малокомфортных условий жизни с нарушенным (в сторону дефицита) равновесием поступления элементов в организм (Скальная М.Г., 2004; Нотова С.В., 2005; Элементный статус населения России, Ч. 5. 2014).

С учетом того, что значительная часть селена поступает в организм

человека с пищей, были изучены рационы питания обследованных лиц из числа взрослого, подросткового и детского населения Оренбургской области. Проведенное исследование по содержанию основных групп продуктов в фактических рационах питания позволило установить, что для всех возрастных групп населения Оренбургской области характерно недостаточное потребление молока и молочных продуктов, а также мяса (подростки и взрослые) наряду с тем, что очень велика доля полуфабрикатов, рыбы, фруктов и овощей. Вместе с этим отмечено и повышенное потребление макаронных, колбасных и кондитерских изделий (дети и подростки). Нерациональное питание, как известно, приводит к значительным отклонениям в селеновом статусе населения исследуемой области.

В связи с тем, что распределение величины содержания селена в исследованных пищевых продуктах не подчиняется закону нормального распределения, для дальнейших расчетов экологического риска мы использовали медиану содержания селена в пищевых продуктах (табл. 11).

Таблица 11

Исходные данные для оценки риска селенодефицита населения Оренбургской области

Группа продуктов	Медиана содержания селена, мг/кг	Потребление продукта населением, кг/год (Стат. сб., 2011)
Хлебопродукты	0,014	109,5
Мясопродукты	0,022	55,9
Рыбопродукты	0,045	12,8
Молочные продукты	0,041	142,5
Яйца	0,035	4,03

Расчет потребления на основании медианы содержания селена производили согласно утвержденным МУ 2.3.7.2519-09.

Таким образом, экспозиция равна:

$$Exp_{med} = 0,13 \text{ мг/кг массы тела/год} = 0,0025 \text{ мг/кг массы тела/нед.}$$

Для четкого восприятия полученных данных по потреблению мы преобразовали данную формулу по расчету потребления. Для сравнения с установленными нормами потребления селена в сутки с рационом ввели в формулу расчета потребления постоянную k , где постоянная k – количество дней в году. Так как норма потребления рассчитана на массу тела, равную 70 кг, то делением на BW мы пренебрегли.

$$E_{xp} = \frac{\sum_{i=1}^N (C_i * M_i)}{k} = 0,025 \text{ мг в сутки.}$$

Таким образом, на основании полученных данных можно сказать, что пищевые продукты, произведенные на территории Оренбургской области, обеспечивают рацион жителей селеном только на 43–50 % от рекомендуемой нормы.

С целью ранжирования продуктов питания и определения вклада в общее значение экспозиции мы произвели расчет вклада каждой из

исследуемых групп продуктов согласно утвержденной формуле (МУ 2.3.7.2519-09). На основании полученных результатов более высокий вклад в обеспеченность селеном рациона населения Оренбургской области вносят молочные и мясные продукты (62 %), хлебопродукты составили 17 %, мясо и мясные продукты – 13 %, значительно ниже вклад рыбы (6 %) и яйца (2 %) (рис. 2). Причинами такого колебания показателей являются, по нашему мнению, нерациональное питание, а также особенности питания, связанные с традициями населения, проживающего на территории области.

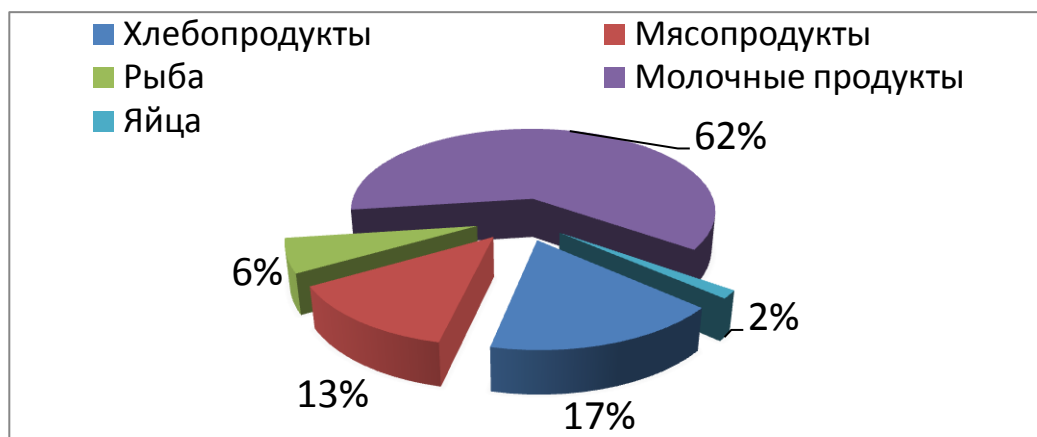


Рис. 2 – Ранжирование пищевых продуктов, произведенных на территории Оренбургской области, по вкладу в обеспеченность рационов питания селеном

Результаты настоящего исследования мы сопоставили с данными отчета U.S. Total Diet Study (Pennington с соавт., 1989). Изучение структуры питания в США позволило установить вклад различных групп пищевых продуктов в обеспеченность селеном рационов питания. Так, было показано, что основной вклад в обеспеченность селеном рационов питания обследованных лиц вносят мясо, рыба, птица, хлеб и зерновые продукты: на их долю приходится 64,3 %, тогда как на молоко и молочные продукты – 35,7 %.

Таким образом, полученные в настоящем исследовании данные не сопоставимы с данными американских коллег. В Оренбургской области более высокий вклад в обеспеченность селеном вносят молочные и мясные продукты, хотя содержание селена в волосах более сильно коррелирует с содержанием селена в пшенице и хлебе. Возможно, различия по вкладам разных видов пищевых продуктов в обеспеченность селеном рационов питания жителей Оренбургской области связаны с традициями питания.

Итак, результаты исследования свидетельствуют о неполноценности питания обследованных лиц, что предполагает дисбаланс поступления селена с рационами питания, так как ни один продукт не содержит полного спектра микронутриентов в необходимом диапазоне потребления для нормальной жизнедеятельности организма человека (Мартинчик А.М., Маев И.В., Янушевич О.О., 2005). Сложившаяся структура питания, несомненно,

наносит ощутимый удар, в первую очередь, по защитным системам организма, подавляя реакции неспецифической резистентности, создавая и обуславливая тем самым формирование факторов риска многих селензависимых заболеваний (Спиричев В.Б., 2003, 2005; Скальный А.В., 2004; Rayman M.P., 2000).

Отмеченное выше определило необходимость изучения содержания селена в рационах питания всех исследуемых возрастных групп (табл. 12).

Таблица 12

Содержание селена в рационах питания
обследованного населения Оренбургской области (мкг)

Показатель	Дети 8–10 лет (n=224)	Подростки 15–18 лет (n=197)	Взрослые 20–60 лет (n=839)
Среднее (M)	17,2	14,2	27,9
Стандартная ошибка (m)	5,17	6,22	6,1
Медиана (Me)	14,8	13,5	26,4
Минимум (Min)	10,12	10,5	10,54
Максимум (Max)	30	25	65
Норма потребления (мкг)*	30	50	70

Примечание: * – МР 2.3.1.24.32-08

При анализе содержания селена в фактических рационах питания всех обследованных групп населения Оренбургской области установлено:

- содержание селена в рационах питания детей составило $17,2 \pm 5,17$ мкг при интервале 10,12–30 мкг; медиана равна 14,8 мкг;

- содержание исследуемого элемента в рационах питания подростков составило $14,2 \pm 6,22$ мкг при интервале 10,5–13,5 мкг; медиана выборки – 13,5 мкг;

- потребление селена с суточными рационами питания обследуемого взрослого населения Оренбургской области – $27,9 \pm 6,1$ мкг при интервале 10,54–65 мкг; медиана – 26,4 мкг.

Сравнительный анализ полученных результатов с рекомендуемыми нормами потребления (МР 2.3.1.24.32-08) показал, что содержание селена в среднесуточных рационах питания составило в группе детей 57,3 %, подростков и взрослых – 28,4 % и 39,8 % соответственно от рекомендуемого уровня потребления.

Фрагмент настоящих исследований осуществлен в рамках НИОКР в ФУП «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009– 2013 годы)».

Выбор волос в качестве объекта анализа был обусловлен многочисленными исследованиями, подтверждающими пригодность волос как объекта в исследованиях элементного статуса популяции (Скальный А.В., 2001; Скальный А.В., Горбачев А.Л., 2004; Горбачев А.Л., 2006; Калетина Н.И., 2008; Caroli S., 1992; Negretti de Braetter V., 1999; Constans A., 2002).

Проведение многоэлементного анализа волос позволяет с высокой степенью надежности выделить группы риска по гипо- и гиперэлементозам, разработать и своевременно применить меры профилактического характера, восстанавливающие нарушения гомеостаза элементов, а также связанных с ними биохимических и физиологических функций организма (Демидов В.А., 2001; Скальный А.В. и др., 2010; Grabeklis A.R. et al., 2011). Очень важно также, что ввиду малой скорости роста волос результаты их анализа показывают не сиюминутное содержание биоэлементов в образце, а усредненный уровень за несколько месяцев (Элементный статус населения России. Ч. 1. 2010). В медицинской элементологии ведутся дебаты о том, что волосы являются информативным индикатором определения уровня не всех микроэлементов. Однако они не затрагивают такие химические элементы, как мышьяк, селен, ртуть, кадмий, и поэтому волосы, могут быть использованы для определения микроэлементного статуса человека и населения в целом (Jesper B. et al., 2005).

Во всех группах, кроме девочек, выражен относительный дисбаланс химических элементов. Общим для большинства жителей Оренбургской области является минимум для ПФО содержания селена. Выявлены относительно высокие значения медианы содержания в волосах мышьяка (кроме девочек, причем у мужчин и мальчиков содержание этого токсиканта максимально для ПФО). При этом важно отметить, что высокие медианы токсикантов (кадмий) встречаются либо только у взрослых, либо почти у всех (мышьяк) (табл. 13).

При рассмотрении результатов исследования отдельных групп населения Оренбургской области можно сказать, что мужчины отличаются от мужского населения других субъектов ПФО и других групп населения Оренбургской области частотой избытков микроэлементов в волосах. В частности, обнаружены максимально повышенные для округа показатели кадмия (23 % случаев), причем для женщин данный показатель составил 12 %.

Среди мальчиков и девочек Оренбургской области выражен риск гиперэлементозов кадмия, ртути и мышьяка по сравнению с другими субъектами ПФО.

У мужчин Оренбургской области по сравнению с ПФО среди дефицитов максимально выражен гипоселеноз (47 %). Дефицит селена может иметь как природное происхождение (биогеохимическое), так и антропогенное (результат деятельности по добыче и переработке высокосернистого природного газа). Сера является антагонистом селена, как и тяжелые металлы, кадмий и свинец. Среди женского населения на первом месте также риск гипоселеноза (55 % низких показателей селена).

Содержание химических элементов в волосах
населения ПФО и жителей Оренбургской области (мкг/кг)
(Элементный статус населения России. Ч. 4. 2013)

Показатель	Селен Me (25–75)	Ртуть Me (25–75)	Мышьяк Me (25–75)	Кадмий Me (25–75)
1	2	3	4	5
Девочки (3–15 лет) ПФО (n = 893)	0,37 (0,25-0,53)	0,26 (0,15-0,45)	0,0481 (0,021-0,0768)	0,047 (0,025-0,098)
Девочки (3–15 лет) Оренбургской обл. (n = 71)	0,25 (0,15-0,37)	0,258 (0,13-0,42)	0,0506 (0,021-0,0833)	0,054 (0,027-0,129)
Мальчики (3–15 лет) ПФО (n = 663)	0,38 (0,26-0,55)	0,23 (0,12-0,42)	0,0709 (0,0483-0,11)	0,069 (0,038-0,142)
Мальчики (3–15 лет) Оренбургской обл. (n = 64)	0,29 (0,2-0,49)	0,2 (0,12-0,46)	0,0897 (0,065-0,1173)	0,071 (0,045-0,115)
Женщины (25–50 лет) ПФО (n = 7453)	0,31 (0,17-0,47)	0,51 (0,29-0,9)	0,021 (0,021-0,0462)	0,021 (0,011-0,043)
Женщины (25–50 лет) Оренбургской обл. (n = 1106)	0,22 (0,12-0,36)	0,41 (0,23-0,7)	0,021 (0,021-0,0457)	0,026 (0,014-0,053)
Мужчины (25–50 лет) ПФО (n = 3275)	0,36 (0,23-0,49)	0,53 (0,27-1,03)	0,0602 (0,037-0,0928)	0,052 (0,022-0,135)
Мужчины (25–50 лет) Оренбургской обл. (n = 1049)	0,27 (0,15-0,39)	0,47 (0,24-0,88)	0,0773 (0,056-0,1128)	0,08 (0,037-0,199)

Соотношение пар *ртуть / селен* и *мышьяк / селен* повышено за счет низких показателей селена, а соотношение пары *кадмий / селен* – за счет как дефицита селена, так и избыточного накопления кадмия, который является сопутствующим меди и другим цветным металлам, добываемым и перерабатываемым на территории Оренбургской области. Таким образом, повышенные показатели в парах *ртуть / селен* и *мышьяк / селен*, вероятно, отражают геохимические особенности Оренбургской области, а *кадмий / селен* – геохимические и техногенные. По нашему мнению, наиболее характерным для Оренбургской области является дисбаланс кадмия и селена в сравнении с большинством селендефицитных регионов, указанных в литературе (Оберлис Д. и др., 2008), где наиболее часто описан дефицит селена на фоне избытков ртути или мышьяка (Skalny A. et al., 2016).

Все приведенные выше факты свидетельствуют о том, что здоровье населения Оренбургской области в значительной степени зависит от высокой частоты нарушений элементного статуса, прежде всего, дефицита селена.

*Определение содержания селена в волосах
у различных групп населения Оренбургской области*

Исходя из хорошо известного факта о существовании различий (по содержанию селена в объектах окружающей среды, биосубстратах человека

и животных, которые обусловлены в основном геохимическими факторами), нами для более точной оценки территории и населения Оренбургской области было проведено сравнение полученных данных по области с аналогичными показателями у жителей ПФО (табл. 14).

Таблица 14

Содержание селена в волосах детей и подростков
Оренбургской области в сравнении с ПФО (мкг/кг)

Показатель	Мальчики n=110	Девочки n=114	Юноши n=87	Девушки n=110
	(8–10 лет)		(15–16 лет)	
Медиана (Me)	0,47	0,37	0,12*↓	0,12**↓
Минимум (Min)	0,016	0,004	0,003	0,001
Максимум (Max)	2,031	1,094	2,063	0,538
Me ¹	0,38	0,37	0,38	0,37
Центильный интервал (25–75) ¹	0,26 – 0,55	0,25 – 0,53	0,26 – 0,55	0,25 – 0,53

Примечание: ¹ – содержание селена в волосах детей и подростков из Приволжского федерального округа (ПФО) (5–15 лет);

* – $p < 0,05$ отличие мальчики / юноши;

** – отличие девочки / девушки.

Анализ полученных данных по содержанию селена в волосах обследованного детского и юношеского населения показал достоверно низкое содержание селена в волосах подростков, проживающих на территории Оренбургской области, по сравнению с детьми: установлено, что медиана селена в волосах мальчиков – 0,47 мкг/кг, в волосах юношей – 0,12 мкг/кг ($p < 0,05$).

Аналогичную картину мы наблюдали и в другой гендерной группе: выявленное содержание селена в волосах девочек составило 0,37 мкг/кг, а девушек – 0,12 мг/кг ($p < 0,01$).

Данный факт, несомненно, связан с возрастными особенностями подросткового организма. Исследованиями установлено, что подростки испытывают дисбаланс всех микронутриентов, а особенно селена, в силу повышенных трат их на физиологические процессы в организме юношей и девушек и высокого уровня гормональной активности (Тутельян В.А. и др., 2002, Горелова Ж.Ю. и др., 2010; Кучма В.Р., 2011). Выявленные нами отличия содержания селена в волосах подростков могут отражать повышенные потребности подросткового организма, в том числе на фоне типичного для области дефицита йода – синергиста селена – активатора дейодиназы. Медиана выборки в группе обследованных мальчиков составила 0,47, что в 1,3 раза выше, чем в группе девочек, тогда как в группе подростков таких значимых отличий не наблюдалось.

При сопоставлении результатов настоящего исследования и медианы содержания селена в волосах детей, проживающих в ПФО, был показан глубокий дефицит исследуемого элемента в группе подростков. Так,

медианы содержания селена в группе девушек и юношей были ниже в 3,1 раза ниже, чем у детей из ПФО.

Анализ содержания селена в волосах обследованного взрослого населения Оренбургской области представлен в таблице 15.

Таблица 15

Содержание селена в волосах взрослого населения Оренбургской области в сравнении с ПФО (мкг/кг)

Показатель	Мужчины, n = 437		Женщины, n = 412	
	20–40 лет n = 212	41–60 лет n = 235	20–40 лет n = 215	41–60 лет n = 197
Медиана (Me)	0,49	0,44	0,53	0,37*
Минимум (Min)	0,178	0,231	0,006	0,003
Максимум (Max)	2,094	1,768	0,712	0,982
Me ¹	0,36		0,31	
Центильный интервал (25–75) ¹	0,23 – 0,49		0,17 – 0,47	

Примечание: ¹ – содержание селена в волосах взрослых из ПФО;

* – достоверное ($p < 0,05$) отличие мужчины второй возрастной группы / женщины второй возрастной группы.

При рассмотрении данных о содержании селена в волосах обследованного взрослого населения, постоянно проживающего на территории Оренбургской области, было установлено статистически достоверное ($p < 0,05$) отличие между мужчинами и женщинами в возрасте 41–60 лет (0,44 мкг/кг и 0,37 мкг/кг соответственно). Наряду с этим достоверных отличий в первой возрастной группе не установлено. Медиана выборки как в группе мужчин, так и в группе женщин первой возрастной группы (20–40 лет) была выше в 1,1 и 1,4 раза относительно второй возрастной группы лиц. Кроме того, как минимальный, так и максимальный показатели концентрации селена в волосах младшей возрастной группы были выше относительно старшей возрастной группы взрослого населения Оренбургской области (табл. 16).

Оренбуржье относится к так называемым антропобиогеохимическим провинциям с природно и техногенно обусловленным дисбалансом целого ряда микроэлементов (Чибилев А.А., 1990, 1999; Утенина В.В., 2002; Боев В.М., 2005; Нотова С.В. и др., 2006). Антропогенное загрязнение окружающей природной среды, во многом связанное с микроэлементами из группы тяжелых металлов, вызывает серьезную озабоченность своими негативными последствиями для здоровья различных групп населения (Тиньков А.Н. и др., 2004; Быстрых В.В., 2006). В настоящее время все большее внимание исследователей привлекают так называемые техногенные микроэлементозы (А.П. Авцын и др., 1991; Павловская Н.А. и др., 2002; Некрасов В.И., Скальный А.В., 2006). Лица, занятые в производственной сфере, в первую очередь испытывают нагрузку от избыточного поступления

токсичных элементов в организм (Лобанова Ю.А. и др., 2002; Пичужкина Н.М. и др., 2002; Дубовой Р.М., 2009; Дунаев В.Н. и др., 2006).

С целью оценки вклада производственных факторов в формирование селенового статуса взрослого населения все респонденты были распределены на три группы в зависимости от сферы трудовой деятельности. Результаты оценки содержания селена в волосах обследованных лиц из числа работников различных трудовых коллективов Оренбургской области приведены в таблице 16.

Сравнительный анализ содержания селена в волосах респондентов в зависимости от трудовой деятельности позволил установить статистически достоверные ($p < 0,05$) отличия среди групп трудовых коллективов. Так, уровень селена в волосах рабочих промышленных и горнодобывающих предприятий Оренбургской области достоверно отличался от изучаемого показателя группы офисных служащих в сторону снижения.

Таблица 16

Содержание селена в волосах работников различных трудовых коллективов на территории Оренбургской области (мкг/кг)

Показатель	Офисные служащие n = 178	Рабочие промышленных предприятий n = 287	Рабочие горнодобывающих предприятий n = 163
Медиана (Me)	0,403	0,125*	0,265**
Минимум (Min)	0,039	0,003	0,110
Максимум (Max)	2,094	2,086	0,509
Me ¹	0,335		
Центильный интервал (25–75) ¹	0,23 – 0,49		

Примечание: * – достоверное ($p < 0,05$) отличие *офисные служащие / рабочие промышленных предприятий*;

** – достоверное ($p < 0,05$) отличие *офисные служащие / рабочие горнодобывающих предприятий*;

¹ – см. табл. 16.

Медиана выборки при этом в группе офисных служащих составила 0,403, что в 3,2 и 1,5 раза выше, чем в группе рабочих промышленных и горнодобывающих предприятий, где данный показатель составил 0,125 и 0,265 мкг/кг соответственно.

При рассмотрении минимальных и максимальных показателей наименьший уровень селена в волосах отмечен в группе рабочих промышленных предприятий – 0,003 мкг/кг, тогда как изучаемый показатель в группе офисных служащих и рабочих горнодобывающих предприятий составил 0,039 мкг/кг и 0,110 мкг/кг соответственно. Максимальное значение отмечено в группе офисных служащих (2,094 мкг/кг), а у рабочих промышленных и горнодобывающих предприятий данный показатель оказался значительно ниже (табл. 16).

Сравнительный анализ полученных в ходе настоящего исследования

данных по содержанию селена в волосах рабочих и служащих предприятий Оренбургской области относительно данных ПФО показал, что только у обследуемых лиц, не имеющих контакта с вредными производственными факторами, этот показатель соответствовал медианной выборке и укладывался в уровень 25–75 центиля, установленного для ПФО. Медиана содержания селена у рабочих промышленных предприятий в 2,7 раз, а у рабочих горнодобывающих предприятий в 1,2 раза была ниже значения медианы, установленной для ПФО.

Таким образом, можно заключить, что рабочие промышленных предприятий и горнодобывающей промышленности относятся к группе повышенного риска гипоселеноза.

Известно, что обеспеченность селеном принципиально возможно оценивать несколькими способами, базирующимися на известной схеме метаболизма микроэлемента. Мы также оценили концентрацию селена в *сыворотке крови* доноров Оренбургской области (табл. 17). В результате проведенного исследования в среднем концентрация селена в сыворотке крови составила $90 \pm 5,5$ мкг/л, что соответствует умеренному уровню селенодефицита и подтверждают данные полученные при исследовании биосубстратов (волосы) и пищевых продуктов.

Таблица 17

Концентрация селена в сыворотке крови доноров
Оренбургской области (мкг/л)

Показатель	г. Оренбург	г. Орск	г. Бузулук	Оренбургская область
Среднее (M)	96	86	88	90
Стандартная ошибка (m)	5,37	7,78	3,35	2,98
Медиана (Me)	96	79	83	84,5
Минимум (Min)	65	63	68	63
Максимум (Max)	131	135	119	135
Низкий уровень	60 – 80*			
Умеренный уровень селенодефицита	81 – 100*			
Нормальный уровень	115*			
n	100	100	100	300

Примечание: * – Голубкина Н.А. и др., 2002.

Из представленных данных видно, что во всех исследуемых наиболее крупных населенных пунктах Оренбургской области концентрация селена в сыворотке крови жителей сопоставима с уровнем умеренного селенодефицита. Однако при рассмотрении данных по концентрации селена в сыворотке крови обращает на себя внимание относительно высокое содержание селена в сыворотке крови доноров г. Оренбурга, что, вероятно, связано с более широким ассортиментом пищевых продуктов, привезенных из разных геохимических провинций, и свидетельствует о более высоком уровне жизни. Наряду с относительно низкой средней концентрацией селена в сыворотке крови доноров г. Орска, где уровень загрязнения окружающей

среды токсичными и другими соединениями – антогонистами селена – наиболее высокий, отмечен большой разброс данных. Это, скорее всего, указывает на влияние техногенных и пищевых факторов, которые связаны со значительным точечным загрязнением селеном территории восточной части Оренбургской области и различиями в питании населения.

Влияние токсичных химических элементов на уровень селена в волосах обследованных жителей Оренбургской области

Уровень напряженности экологической ситуации в регионе определяли посредством анализа причинно-следственных связей между количественными и качественными характеристиками факторов и реакцией организма людей. Итак, уравнение множественной регрессии имеет вид:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n,$$

где y – резульативный признак; x_1, \dots, x_n – факторные признаки; a, b_1, \dots, b_n – параметры уравнения регрессии.

В качестве резульативного признака рассматривается уровень Se в волосах, факторными признаками которого являются содержание мышьяка, кадмия и ртути. Индекс множественной корреляции R составил 0,72, что говорит о высокой зависимости содержания селена в волосах от содержания факторных признаков. Индекс детерминации $R^2=0,69$ показывает, что изменение концентрации селена в волосах на 69 % объясняется вариациями содержания рассматриваемых элементов в волосах людей промышленных предприятий. Полученное значение F-критерий Фишера $F=11,57$ с вероятностью $p=0,0021$ утверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии и индекса детерминации, что говорит о влиянии ртути на содержание селена в волосах работников промышленных предприятий, наряду с этим содержание мышьяка и кадмия значимого влияния на содержание селена не оказывает.

У обследованных жителей Оренбургской области, занятых в непроизводственной сфере, мышьяк, кадмий и ртуть не оказывают значимого влияния на содержание Se в волосах.

Наряду с этим индекс множественной корреляции, рассчитанный для детского населения, составил 0,71, что говорит о высокой зависимости уровня селена в волосах от содержания факторных признаков. Индекс детерминации $R^2=0,68$ показывает, что изменение уровня селена в волосах на 68 % объясняется вариациями содержания рассматриваемых элементов в волосах детей Оренбургской области. Полученное значение F-критерий Фишера $F=9,69$ с вероятностью $p=0,0045$ утверждает, что параметры и коэффициенты оказались статистически значимыми. Таким образом, содержание ртути оказывает значимое влияние на содержание селена в волосах детей, а содержание мышьяка и кадмия значимого влияния на содержание селена не оказывает.

Нашими исследованиями показано влияние ртути на селеновый статус рабочих промышленных предприятий и детского населения. Таким образом, доказан факт существенного влияния экологического фактора накопления в

организме ртути на уровень обеспеченности селеном не только рабочих промышленного предприятия, но и детского населения как наиболее чувствительного к действию экотоксикантов.

Согласно корреляционно-регрессионному анализу мы составили график влияния продуктов питания на концентрацию селена в волосах обследованных лиц (рис. 3).

Исходя из представленных статистических данных, можем сказать, что для оценки экологического риска необходимо определять концентрацию селена в воде, пшенице, хлебе пшеничном и ржаном, а также в молоке. Наряду с этим все остальные продукты питания оказывают незначительное влияние на обеспеченность селеном организма человека.

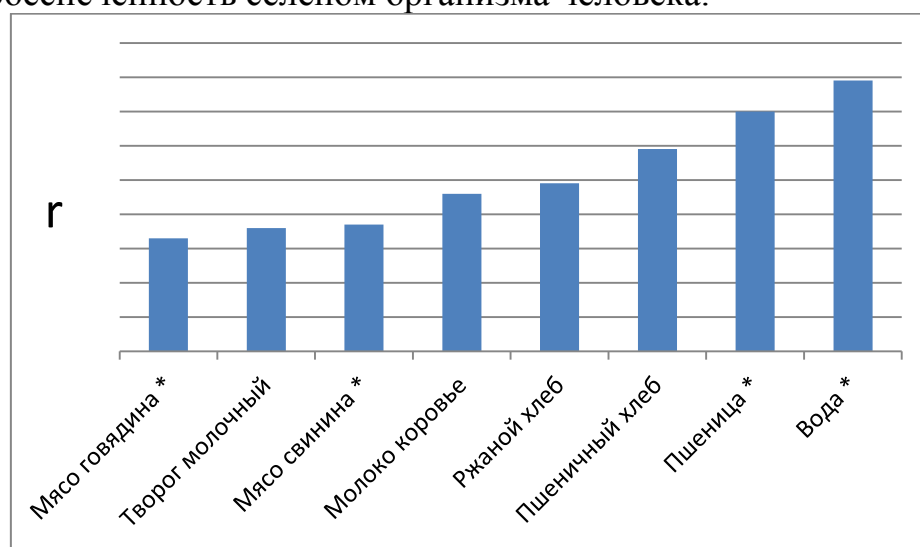


Рис. 3 – Влияние продуктов питания и воды на селеновый статус жителей Оренбургской области

Анализ причинно-следственной связи содержания селена в организме определил факторы экологического риска, влияющие на состояние организма человека. Целенаправленными исследованиями было выявлено, что биогеохимические факторы являются определяющими в формировании эндогенной и экзогенной селеновой недостаточности, что на территории Оренбургской области установлено впервые.

Возможные факторы экологического риска (подавляющее большинство которых химической или геохимической природы) условно были разделены нами на две группы: эндогенные факторы риска селенового дефицита в организме и возможные экзогенные факторы риска, способствующие формированию дефицита селена в экосистеме. К эндогенным факторам риска относятся половая, возрастная, генетическая принадлежность человека.

Что касается экзогенных факторов экологического риска, влияющих на развитие дефицита селена в организме человека, то они, главным образом, сводятся к внешнему загрязнению почвы в результате радиоактивных осадков, хозяйственной деятельности, а также антропогенным выбросам. Условность такого деления очевидна в связи с тем, что многие эндогенные факторы экологического риска первично обусловлены факторами внешней среды или социально-экономическими условиями жизни населения.

Например, профессия, стаж работы во «вредных условиях» (химическая, металлургическая, нефтяная и др. промышленность). Кроме того, на содержание селена в организме человека оказывают влияние факторы, связанные с характером питания, употреблением продуктов, выращенных на территориях с низким содержанием селена в почве, а также на территориях, химически загрязненных антагонистами селена вследствие нарушения технологии применения минеральных удобрений и стимуляторов роста. Среди эндогенных факторов большое значение имеют также нерациональное применение витаминов и биологически активных добавок (медьсодержащих), длительное применение лекарственных средств (в том числе самолечение), а также злоупотребление алкоголем.

Нами показано, что анализ факторов риска позволит детализировать поиск возможного влияния развития селензависимых состояний у человека и послужит предпосылкой графического моделирования в соответствии с рекомендациями ВОЗ. Изучение, уточнение, определение приоритетных факторов экологического риска имеет большое значение для принятия управленческих решений по оптимизации селенового статуса населения и формирования рациональной стратегии профилактики селенодефицитных состояний у человека и животных.

Моделирование анализа риска причинно-следственных связей с целью контроля и профилактики проблемы гипоселенозов позволяет выработать комплексный подход к организации профилактической работы на основе общего алгоритма. Представленная модель экологических рисков селеновой недостаточности (дефицитный риск), разработанная в рамках регионального социально-экологического мониторинга, отражает специфику причинно-следственных связей в экосистеме Оренбургской области (рис. 4).

Таким образом, общий алгоритм рискованного моделирования можно представить следующим образом:

1. идентификация экологического риска (дефицитный или избыточный);
2. общее рискованное моделирование;
3. частное рискованное моделирование.

Следует отметить, что рискованное моделирование должно предшествовать математическому расчету, а общее рискованное моделирование предшествует частному рискованному моделированию гипоселеноза. Оно является методической основой для разработки дифференцированных подходов к экологической оценке риска селендефицита.

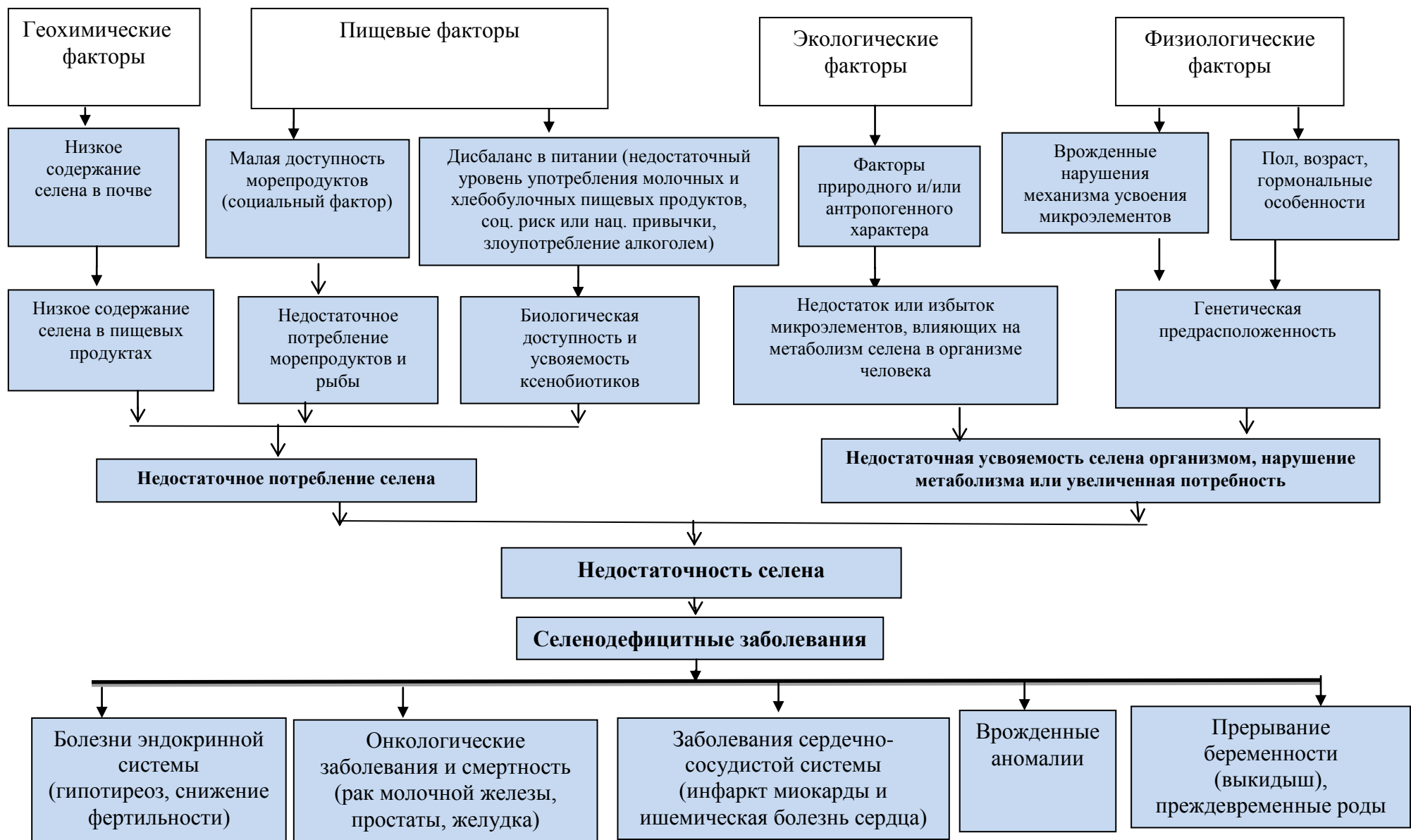


Рис. 4 – Модель анализа причинно-следственных связей для преодоления и контроля нарушений, связанных с недостаточностью селена

В результате применения математического расчета экологического риска согласно руководству по оценке риска Р.2.1.10.1920-04 показано, что в большинстве районов Оренбургской области наблюдается дефицит Se в волосах жителей.

При рассмотрении значений экологического риска, рассчитанного по концентрации селена в пшенице, наблюдаем 31 значение $\leq 0,6$ (т.е. дефицит Se). Среди значений экологического риска, рассчитанного по содержанию селена в воде, встречается 25 значений $\leq 0,6$. При этом, если рассматривать коэффициент корреляции между значениями экологического риска, то:

$R_{\text{волосы-вода}} = 0,89$, т.е. связь весьма заметная;

$R_{\text{волосы-пшеница}} = 0,92$, т.е. связь почти абсолютная;

$R_{\text{вода-пшеница}} = 0,916$, т.е. связь почти абсолютная.

Данный факт свидетельствует о возможности использования данных по содержанию селена в воде, пшенице или концентрации селена в волосах для расчетов экологического риска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для улучшения медико-демографических показателей в Оренбургской области и многих других регионах РФ назрела необходимость комплексного медико-экологического решения этой важной проблемы. Накопленных данных достаточно для принятия незамедлительных мер по улучшению качества окружающей среды и, главное, изменению структуры питания населения, фортификации рационов питания по селену и другим актуальным для населения микроэлементам, проведению целенаправленных мероприятий по внесению специальных удобрений, созданию функциональных продуктов питания на базе местных пищевых производств. В группах риска целесообразно проводить массовую диагностику и коррекцию выявленных дефицитов селена препаратами и нутрицевтиками, содержащими эти микроэлементы.

Выводы:

1. Анализ содержания селена в почвах Оренбургской области показал, что большая часть (70 %) территории имеет низкое содержание селена в почве – от 111 до 270 мкг/кг, что в 1,5 раз ниже, чем в среднем по России. Наряду с этим есть несколько административных районов с высоким (> 500 мкг/кг) содержанием селена в почве: Гайский, Новоорский, Кувандыкский и Саракташский районы, что говорит о мозаичном распределении селена в почве исследуемой территории.

2. Результатами изучения содержания селена в продуктах питания, произведенных на территории Оренбургской области, показано наличие высокой статистически достоверной ($p < 0,001$) корреляционной связи между содержанием селена в почве и продуктах животноводства, растениеводства (в парах почва / пшеница $r = 0,626$, почва / говядина $r = 0,558$), что подтверждает ведущую роль почвы в аккумуляции селена сельскохозяйственными продуктами. Наряду с этим исследованные пищевые продукты обеспечивают селеном рацион только на 43–50 % от рекомендуемой нормы.

3. Содержание селена в молочных продуктах (молоко – 30 мкг/л, творог – 152 мкг/кг) и продуктах птицеводства (яйцо – 346 мкг/кг, мясо птицы – 146 мкг/кг), производимых на территории Оренбургской области, сопоставимо

со среднероссийскими показателями, что связано с использованием унифицированных кормов. Вместе с тем выявлено относительно низкое потребление селена за счет нехватки богатых селеном продуктов питания в фактических рационах питания населения Оренбургской области.

4. Подростки являются группой повышенного риска гипоселеноза, в формировании которого большая роль принадлежит гормональным возрастным особенностям, а также несбалансированным рационам питания и недостаточному содержанию селена в пищевых продуктах, потребляемых ими.

5. Дети, как и рабочие промышленных предприятий, наиболее уязвимы с точки зрения функционального антагонизма *ртуть / селен*, то есть дети в большей степени, чем лица, занятые в непромышленной сфере, подвержены риску гипоселеноза, вызванного воздействием неблагоприятных экологических факторов.

6. Сравнительный анализ биосубстратов (волос) лиц, занятых на разных предприятиях Оренбургской области, показал достоверное влияние производственных факторов на формирование селенового статуса обследованных лиц; так, содержание селена в 1,3 и 1,5 раза ниже в волосах рабочих промышленных и горнодобывающих предприятий соответственно по сравнению с жителями, занятыми в непромышленной сфере.

7. Оценка селенового статуса по интегральным показателям содержания селена в волосах и сыворотке крови обследованных жителей Оренбургской области позволила выявить низкое содержание селена в волосах относительно ПФО: у подростков – в 3 раза, рабочих промышленных и горнодобывающих предприятий в 2,7 и 1,2 раза соответственно. Наряду с этим концентрация селена в сыворотке крови находилась на уровне умеренного селендефицита.

8. Установлено, что одной из причин формирования селендефицитных состояний и повышенного риска селендефицитных заболеваний является комплексное влияние неблагоприятных экологических факторов, таких как низкое содержание селена в окружающей среде и пищевых продуктах местного производства на фоне накопления ртути производственного и техногенного происхождения. При этом группами повышенного риска являются дети, подростки, лица старшей возрастной группы (> 50 лет) и рабочие промышленных и горнодобывающих предприятий.

9. Разработана модель экологического мониторинга селенового статуса населения Оренбургской области, включающая моделирование анализа причинно-следственных связей для контроля и профилактики селенозависимых заболеваний. Предложенная модель может быть использована в других регионах с поправкой на специфику местных условий и является унифицированной методической основой для разработки экологического подхода к оценке экологического риска селендефицитных состояний.

10. Разработана математическая модель экологического мониторинга для расчета экологического риска, которая позволяет использовать данные по содержанию селена в воде, пшенице и/или в волосах человека.

11. В результате применения рискового моделирования и математического расчета экологического риска, определены территории с

высокими и средними степенями экологического риска селенодефицита у населения Оренбургской области (18 и 13 районов соответственно).

По теме диссертации были опубликованы следующие работы:

Монография

Элементный статус населения России. Ч. 4 : Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов / Л. И. Афтанас, Е. С. Березкина, Е. Ю. Бонитенко, Т. И. Бурцева [и др.]; под ред. А. В. Скального, М. Ф. Киселева. – СПб. : Медкнига «Элби-СПб», 2013. – 576 с.

Патент

№ 2539861 от 24.10.13 г. «Способ повышения содержания фотосинтетических пигментов пшеницы мягкой *Triticum vulgare* Ville».

Публикации в научных изданиях, рекомендованных ВАК при соискании ученой степени доктора биологических наук:

1. Бурцева, Т. И. Селен : эссенциальный микроэлемент / Т.И. Бурцева, О.И. Бурлуцкая // Вестник ОГУ. Приложение «Биоэлементология». – 2006. – № 2 (52). – С. 7–9.
2. К вопросу об участии селена в формировании элементного портрета человека / И.П. Болодурина, Т.И. Бурцева, С.В. Нотова, О.И. Бурлуцкая // Вестник ОГУ. – 2006. – № 5 (55). – С. 198–202.
3. Бурцева, Т.И. К вопросу о влиянии различных факторов на обмен кальция в организме человека / Т.И. Бурцева, О.В. Баранова // Вестник ОГУ. Приложение «Биоэлементология». – 2006. – № 12 (62). – С. 49–50.
4. Нотов, О.С. Гигиеническая оценка питания лиц, осужденных к лишению свободы / О.С. Нотов, Т.И. Бурцева // Вестник ОГУ. Приложение «Биоэлементология». – 2006. – № 12 (62). – С. 181–182.
5. Особенности питания, элементного статуса организма учащихся и их успеваемость / С.В. Нотова, Т.И. Бурцева, О.И. Бурлуцкая [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2007. – Т. 6. – № 5. – С. 70–73.
6. Гигиеническая оценка селенового статуса / С.А. Мирошников, Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, С.В. Нотова // Вестник ОГУ. – 2008. – № 12. – С. 97–101.
7. Гигиеническая оценка питания школьников Оренбургской области / Т.И. Бурцева, С.В. Нотова, Н.В. Малышева [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2008. – Т. 7. – № 6. – С. 39–43.
8. Гигиеническая оценка витаминной обеспеченности школьников города Оренбурга / Т.И. Бурцева, С.В. Нотова [и др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2009. – Т. 8. – № 2. – С. 48–52.
9. Бурцева, Т.И. Содержание селена в хлебе Оренбургской области / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78. – № 4. – С. 47–50.
10. Опыт использования БАД к пище для коррекции эколого-зависимых состояний / Р.М. Дубовой, О.О. Фролова, Т.И. Бурцева, А.В. Скальный //

- Вестник восстановительной медицины. – 2009. – № 4 (32). – С. 38–41.
11. Влияние производственных факторов на здоровье рабочих теплоэлектростанций / С.И. Иванов, Т.И. Бурцева, А.В. Скальный [и др.] // Гигиена и санитария. – 2009. – № 1. – С. 33–35.
 12. Фролова, О.О. Использование БАД к пище как способ коррекции экологозависимых состояний / О.О. Фролова, Т.И. Бурцева, А.В. Скальный // Вестник ОГУ. – 2009. – № 10. – С. 699–702.
 13. Бурцева, Т.И. Экологический портрет элементного статуса детей Оренбургского региона / Т.И. Бурцева, С.В. Нотова // Вестник ОГУ. – 2009. – № 10. – С. 647–651.
 14. Гигиеническая оценка индивидуальных рационов питания школьников Оренбургской области / Т.И. Бурцева, М.Г. Скальная, Н.В. Малышева [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2011. – №6. – С. 20–24.
 15. Голубкина, Н.А. Показатели качества питьевой воды Оренбургской области / Н.А. Голубкина, Т.И. Бурцева, А.Ю. Гаценко // Гигиена и санитария. – 2011. – № 1. – С. 70–74.
 16. Гигиенические особенности питания и элементного статуса детей Оренбургской области / Т.И. Бурцева, А.В. Скальный, О.И. Бурлуцкая, Н.В. Малышева // Гигиена и санитария. – 2011. – № 3. – С. 47–52.
 17. Оценка эмиссии селена предприятиями по добыче и переработке медной руды в Оренбургской области / Н.А. Голубкина, Т.И. Бурцева, Д.Ю. Кулешов, Т.Я. Корчина // Вестник ОГУ. – 2011. – № 15 (134). – С. 42–44.
 18. Бурцева, Т.И. Оценка содержания селена в пшенице, произрастающей в различных районах Оренбургской области / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, Т.Я. Корчина // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012. – № 6. – С. 68–72.
 19. Бурцева, Т.И. Оценка загрязнения окружающей среды селеном предприятиями по добыче и переработке медной руды в Оренбургской области / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, А.В. Скальный // Технология живых систем. – 2012. – Т. 9. – № 4. – С. 25–28.
 20. Содержание селена в нефти некоторых регионов России / Н.А. Голубкина, Т.И. Бурцева, Т.Я. Корчина [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 1. – С. 29–32.
 21. К вопросу о содержании селена в мясе животных и птице, произведенных на территории Оренбургской области / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, А.В. Скальный [и др.] // Вопросы питания. – 2013. – Т. 82. – № 5. – С. 64–67.
 22. Влияние поступления микроэлементов из биосферы на элементный статус человека / Е.В. Сальникова, Е.А. Осипова, А.В. Скальный, Т.И. Бурцева [и др.] // Вестник ОГУ. – 2013. – № 10. – С. 21–24.
 23. Моделирование системы экологического мониторинга за состоянием селенового статуса населения / Т.И. Бурцева, С.В. Нотова, А.В. Скальный [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2015. – № 6. – С. 149–152.

Внедрение в практику

1. Бурцева, Т.И. Функциональные продукты питания животного происхождения : учебное пособие / Т.И. Бурцева, О.Я. Соколова, О.И. Бурлуцкая. – Оренбург : ОГУ, 2010. – 189 с.
2. Современные методы определения химических элементов : учебное пособие / М.Г. Скальная, Е.В. Лакарова, А.В. Скальный, Т.И. Бурцева. – Оренбург : ОГУ, 2011. – 164 с.
3. Бурцева, Т.И. Физиологические основы здорового питания : рабочая программа / Т.И. Бурцева. – Оренбург : ОГУ, 2006. – 24 с.
4. Бурцева, Т.И. Политика здорового питания : рабочая программа / Т.И. Бурцева. – Оренбург : ОГУ, 2006.– 21 с.
5. Бурцева, Т.И. Особенности национальной кухни : рабочая программа / Т.И. Бурцева. – Оренбург : ОГУ, 2006.– 21 с.
6. Бурцева, Т.И. Отравления, связанные с питанием : методические указания к практическим занятиям / Т.И. Бурцева, О.И. Бурлуцкая. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2006. – 27 с.
7. Бурцева, Т.И. Дневник питания : рабочая тетрадь / Т.И. Бурцева. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2007. – 11 с.
8. Бурцева, Т.И. Фонды тестовых заданий по дисциплине «Физиологические основы здорового питания» : учебно-методическое электронное издание / Т.И. Бурцева. – Справка о регистрации Тестовых заданий объемом 223 под учетный номер 489 от 7 апреля 2008 г.
9. Бурцева, Т.И. Курс лекций по дисциплине «Биоэлементы и другие нутриенты» / Т.И. Бурцева, О.О. Фролова, М.Г. Скальная.– Версия 1. – Зарегистрировано в государственном информационном фонде неопубликованных документов 15.04.2011. ВНТИЦ 50201150516
10. Бурцева, Т.И. Курс лекций по дисциплине «Политика здорового питания» / Т.И. Бурцева, О.О. Фролова. – Версия 1. – Зарегистрировано в государственном информационном фонде неопубликованных документов 15.04.2011. ВНТИЦ 50201150518
11. Развитие технологий функциональных и специализированных продуктов питания животного происхождения: учебное пособие / Т.И. Бурцева, М.Б. Ребезов, Б.К. Асенова, С.В. Стадникова. – Алматы : МАП, 2015. – 215 с.

Статьи и сообщения в научных журналах и сборниках

1. Бурцева, Т.И. Зависимость элементного состава волос от содержания биоэлементов в рационе питания / Т.И. Бурцева, И.А. Рудаков // Микроэлементы в медицине. – 2007. – Т. 8, вып. 1. – С. 57–60.
2. Бурцева, Т.И. Региональные особенности питания учащихся колледжей Оренбургского государственного университета / Т.И. Бурцева // Диетология : проблемы, горизонты : материалы I Всероссийского съезда диетологов и нутрициологов. – Москва. – 2007. – С. 15.
3. Бурцева, Т.И. Элементный статус часто и длительно болеющих учащихся колледжей / Т.И. Бурцева, О.И. Бурлуцкая // Эколого-физиологические проблемы адаптации : материалы XII Международного симпозиума. – Москва.

– 2007. – С. 80–82.

4. Бурцева, Т.И. К вопросу недостатка макро- и микроэлементов в питании подростков / Т.И. Бурцева, О.И. Бурлуцкая, А.В. Скальный // Инновационные технологии обеспечения безопасности питания и окружающей среды : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург. – 2007. – С. 48–50.

5. Соколова, О.Я. Влияние экструдированных кормов на обмен тяжелых металлов в организме кур-несушек / О.Я. Соколова, С.А. Мирошников, Т.И. Бурцева // Инновационные технологии обеспечения безопасности питания и окружающей среды : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург. – 2007. – С. 378–380.

6. Бурцева, Т.И. Молоко и продукты его переработки как интегральный показатель селенового статуса территории Оренбургского региона / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, О.И. Бурлуцкая // Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Оренбург–Пермь. – 2008. – С. 33–37.

7. Бурцева, Т.И. Молочные продукты питания как интегральный показатель селенового статуса территории Оренбургского региона / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина // Адаптационная физиология и качество жизни : проблемы традиционной и инновационной медицины : материалы международного симпозиума, посвященного 80-летию академика РАМН Н.А. Агаджаняна. – Москва. – 2008. – С. 70–71.

8. Бурцева, Т.И. Молоко и продукты его переработки как интегральный показатель селенового статуса территории Оренбургского региона / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина // Пищевые технологии и биотехнологии : материалы IX Международной конференции молодых ученых. – Казань. – 2008. – С. 360–363.

9. Бурцева, Т.И. Оценка селенового статуса Оренбургского региона / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина // Биогеохимия в народном хозяйстве : фундаментальные основы ноосферных технологий : материалы 6-й Международной биогеохимической школы. г. Астрахань, 22-25 сентября 2008 года ; под ред. В. Ф. Зайцева. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2008. – 176 с.

10. Бурцева, Т.И. К вопросу об обеспеченности селеном жителей оренбургского региона / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина, А.В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2008. – Т. 9, вып. 12. – С. 88–89.

11. Бурцева, Т.И. Питание и элементный статус учащейся молодежи / Т.И. Бурцева, Н.В. Малышева // Микроэлементы в медицине. – 2008. – Т. 9, вып. 12. – С. 97–98.

12. Бурцева, Т.И. Нарушения становления репродуктивной функции у девочек как следствие недостаточности витаминной обеспеченности / Т.И. Бурцева, Н.В. Малышева, О.И. Бурлуцкая // Проблемы женского здоровья. – 2009. – Т. 4, № 2. – С. 42–45.

13. Бурцева, Т.И. Содержание селена в молочных продуктах / Т.И. Бурцева, Н.А. Голубкина // Молочная промышленность. – 2009. – № 7. – С. 42–43.

14. Burzeva, T.I. The influence of dietary intake and elemental status on the

student's results / T.I. Burzeva, O.I. Burlutskaya, O.O. Frolova. – St. Petersburg, Russia. Abstr. 4th Int. Symp. FESTEM, 9-12.06.2010 // Микроэлементы в медицине. – Т. 11, вып. 2. – С. 21.

15. Kuchma, V.R. The influence of modernization of cooking technology on micronutrients provision of schoolchildren / V.R. Kuchma, T.I. Burzeva, Zh.Yu. Gorelova. – St. Petersburg, Russia. Abstr. 4th Int. Symp. FESTEM, 9-12.06.2010 // Микроэлементы в медицине. – Т. 11, вып. 2. – С. 42.

16. Hygienic evaluation of menu structure and biological full value of ready – made dishes in school breakfasts suggested to schoolchildren of Orenburg region / T.I. Burzeva, A.V. Skalniy, O.I. Burlutskaya, O.O. Frolova // 16-th Congress of European Union for School and University Health and Medicine «Eusuhm-2011» Education and health from childhood to adult life. – Moscow, Russia. – 2011. – P. 25.

17. Бурцева, Т.И., Фролова О.О., Бурлуцкая О.И. Взаимосвязь экологии промышленного предприятия с патогенными изменениями элементного статуса человека / Т.И. Бурцева, О.О. Фролова, О.И. Бурлуцкая // Экология урбанизированных территорий. – 2010. – № 2. – С. 32–38.

18. Бурцева, Т.И. Селеновый статус школьников г. Оренбурга / Т.И. Бурцева // Эколого-физиологические проблемы адаптации : материалы XV Всероссийского симпозиума. – Москва. – 2012. – С. 39–41.

19. Голубкина, Н.А. Содержание селена в молочных продуктах Оренбургской области / Н.А. Голубкина, Т.И. Бурцева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 9. – С. 34–36.

20. Бурцева, Т.И. Оценка биологической полноценности готовых блюд школьных завтраков, предлагаемых школьникам школ Оренбургского региона / Т.И. Бурцева, А.В. Скальный, О.И. Бурлуцкая // Научно-практический медицинский журнал. – 2012. – № 1-2. – С. 46–49.

21. Burtseva, T.I. Ecological assessment of selenium deficiency risk in population of the orenburg region / T.I. Burtseva, A.V. Skalny // The International Selenium Seminar. – Moscow, Russia. – September 21–25, 2015. – P. 88.

«Совершенствование системы экологического мониторинга селенового статуса населения (на примере Оренбургской области)»

Дефицит селена в экологии создает опасность возникновения повреждения самых различных органов и систем человеческого организма. Проблема усугубляется тем, что значительные территории загрязнены ртутью, которая является выраженным антагонистом селена. В то же время селен – антагонист ртути, кадмия, свинца, мышьяка. Нашими исследованиями показано, что избытки мышьяка, ртути, кадмия и дефицит селена, характерны для всех жителей. Можно предположить, что они имеют общее природно-техногенное, т.е. экологическое происхождение.

Питание всех обследованных жителей не сбалансировано по основным группам продуктов. Так, наблюдается недостаточное потребление таких биологически важных продуктов питания, как мясо, рыба, молоко и молочные продукты, каши, что согласуется с данными ряда исследователей. Наиболее качественный состав рациона по основным группам продуктов питания установлен в группе обследованных детей, тогда как подростки в силу самостоятельного выбора продуктового набора практически не употребляли мясные, биологически важные пищевые продукты в оптимальных для их физиологической потребности количествах. Это отразилось на наиболее высоком риске у них селенодефицита среди всех обследованных групп.

Результаты проведенного анализа по определению содержания селена в волосах рабочих и служащих различных предприятий на территории Оренбургской области помогли установить, что негативное влияние производственных факторов, в частности, горнодобывающих и в еще большей степени промышленных предприятий, способствует снижению обеспеченности селеном организма их рабочих из-за вложенной эмиссии веществ-антагонистов селена. Анализ сыворотки крови подтвердил сделанные нами ранее выводы о негативном влиянии экологических и профессиональных факторов (горнодобывающие предприятия) на селеновый статус жителей восточной части Оренбургской области.

Следовательно, Оренбургская область может быть отнесена к селенодефицитным биогеохимическим провинциям с выраженным дисбалансом антагонистов мышьяка и селена. Этот факт имеет огромное значение, так как накопленный в мире положительный опыт по улучшению медико-демографических показателей при купировании селенодефицита у людей позволяет надеяться на достижение подобных результатов и в Оренбургской области.

Исходя из анализа содержания селена в пищевых продуктах, можем сказать, что ведущим фактором, предопределяющим аккумуляцию, селена пищевыми продуктами как растительного, так и животного происхождения, является содержание исследуемого элемента в почве. В свою очередь именно продукты питания оказывают решающее влияние на накопление селена в волосах, что подтверждается многочисленными достоверными корреляционными связями, прежде всего, в паре *пшеница / волосы*. Это подтверждает представление о том, что в волосах накапливается, селен в органической форме, характерной для пищевых

продуктов. Исходя из данных Н.А. Голубкина и Я.А. Соколова (2012), следует учитывать такое влияние на селеновый статус живых организмов, как гормональный регулятор.

Для улучшения медико-демографических показателей в Оренбургской области и многих других регионах РФ назрела необходимость комплексного медико-экологического решения этой важной проблемы. Накопленных данных достаточно для принятия незамедлительных мер по улучшению качества окружающей среды и, главное, изменению структуры питания населения, фортификации рационов питания по селену и другим, актуальным для населения микроэлементам, проведению целенаправленных мероприятий по внесению специальных удобрений, созданию функциональных продуктов питания на базе местных пищевых производств. В группах риска целесообразно проводить массовую диагностику и коррекцию выявленных дефицитов селена препаратами и нутрицевтиками, содержащими эти микроэлементы.

Burtseva Tatiana Ivanovna

"Improvement of the environmental monitoring system of the selenium status of the population (as exemplified by Orenburg Region)"

Selenium deficiency in ecology creates the risk of damage of various organs and systems of the human body. Exacerbating the problem is that significant land areas are contaminated with mercuric, which is a pronounced selenium antagonist. At the same time, selenium is an antagonist of mercuric, cadmium, lead, arsenic. Our studies have shown that excess of arsenic, mercuric, cadmium and selenium deficiency are common to all people. We can assume that they have a common natural and man-made, that is, environmental origin.

Examined people nutrition is not balanced by the main product groups. So, there is insufficient consumption of such biologically important foods like meat, fish, milk and dairy products, cereal, which is consistent with the data of a number of researchers. The most qualitative composition of the diet according to the basic food groups was established in the group of examined children, while adolescents due to self-selection of the food basket almost didn't consume meat, biologically important foods in optimum amounts to their physiological needs. This has reflected in the highest risk of selenium deficiency among all surveyed groups.

Survey findings to determine the selenium content in hair of workers and employees of various companies in the Orenburg region helped to establish that negative impact of production factors, in particular the mining and, to an even greater degree, industrial enterprises, reduces reducing selenium quantity in their organisms because of the embedded emission of selenium antagonists. Blood serum analysis confirmed our early conclusion about the negative effects of environmental and occupational factors (mining companies) on the selenium status of the Orenburg region eastern part residents.

Consequently, Orenburg region can be attributed to selenium-deficient biogeochemical provinces with the pronounced imbalance of arsenic and selenium antagonists. This fact is of great importance, since the accumulated world positive experience of improving medico demographic determinants in reducing people selenium deficit gives hope to achieve similar results in Orenburg region as well.

Based on foods selenium content analysis we can say that the leading factor predetermining the accumulation of selenium in food of both vegetable and animal origin is the content of the investigated element in the soil. In turn, it is the food that has a decisive influence on the selenium accumulation in the hair, which is confirmed by numerous significant correlations, especially in the pair of wheat / hair. This supports the idea that in hair selenium accumulates in organic form, which is typical for food products. Based on data from N.A. Golubkina and J.A. Sokolova (2012) accounts must be taken of such an influence on the selenium status of living organisms as a hormonal regulator.

To improve medico demographic determinants in Orenburg region and many other regions of the Russian Federation there appeared the need of complex medical and environmental solutions to this important problem. Accumulated data are enough to take immediate measures to improve the quality of the environment and, more importantly, a change in the population food patterns, the fortification of diets on selenium and other elements relevant for the population, carrying out purposeful measures on introduction of special fertilizers, creation of functional foods based on local food production. In risk groups it is advisable to carry out a mass diagnostics and correction of the identified deficiencies of selenium using drugs and nutraceuticals containing these micro-elements.

Бурцева Татьяна Ивановна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА СЕЛЕНОВОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ
ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Оригинал макет изготовлен с помощью текстового редактора

Microsoft Word 2000 for Windows.

Подписано в печать 25.05. 2016 Формат А5

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печать – 2 п.л. Тираж 100 экз.

Типография ООО «ПринтСайдАп»

115093, г.Москва,

Ул. Большая Серпуховская, д.31 к.11

Т. 8-495-587-71-31

[www/printside.ru](http://www.printside.ru)