

На правах рукописи



**САЛЬНИКОВА
ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА**

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ВЛИЯНИЯ МЕДИ, КАДМИЯ И СВИНЦА НА ЦИНКОВЫЙ
СТАТУС НАСЕЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

03.02.08 – Экология (биологические науки)

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

Москва – 2018

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», ведущий научный сотрудник кафедры биоинженерии биологического факультета, заслуженный деятель науки РФ

Курамшина Наталья Георгиевна,
доктор биологических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», профессор кафедры «Безопасность производства и промышленная экология»

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

Ведущая организация: Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека».

Защита состоится «18» апреля 2019 г., в 12 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 «__» _____ 201_ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Е.А. Ванисова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. На протяжении пятидесяти лет одним из важнейших направлений наук о жизни считается изучение биологической роли макро- и микроэлементов в окружающей среде и в биологической среде человека. Объем исследований по этой актуальной тематике с каждым годом увеличивается. Новые знания о роли химических элементов в окружающей среде и обменных процессах в живых организмах, в том числе и в формировании здоровья или заболевания человека, получают широкое применение в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и, конечно, в практическом здравоохранении (Агаджанян Н. А. и др., 2013; Алексеенко В.А. и др., 2014; Мирошников С.В., 2014; Оберлис Д. и др., 2015; Скальная М.Г. и др., 2015; Ashford N. A. et al., 2015; Cosselman K. E. et al., 2015).

С развитием промышленности и появлением новых технологий на население неизбежно увеличивается два типа воздействия: техногенная нагрузка, источниками которой являются промышленные предприятия, и дополнительное геохимическое воздействие, осложненное зачастую ухудшением биологической среды. Это приводит в общем случае к канцерогенным или некомпенсированным рискам нарушения здоровья, развитию хронических заболеваний (Афтанас Л. И. и др., 2014).

Нарастают проблемы загрязнения биосферы токсикантами, главным образом, химическими элементами (Сусликов В. Л., 2001, 2011; Барановская Н.В, 2011; Русанов А.М. и др., 2012; Климентьев А.И. и др., 2013; Бурцева Т.И., 2016; Schoeters G. et al., 2006; Zechmeister H.G. et al., 2006. Martín J. R. et al., 2015). В частности, были продемонстрированы значительные токсические эффекты для кадмия (Hayashi C. et al., 2011; Thévenod F. et al., 2013), ртути (Bjørklund G. et al., 2017), свинца (Flora G. et al., 2012) и других токсичных элементов. В то же время наряду с кадмием и ртутью наиболее распространенными загрязнителями окружающей среды являются цинк и медь (Alloway V. J., 2013). Антропогенное воздействие их на здоровье человека по данным разных авторов находится в интервале от 10,0 до 56,9 % (Сидоренко Г.И. и др., 1998; Нотова С.В., 2005).

Это побуждает исследователей всего мира изучать фундаментальные и прикладные аспекты взаимосвязи между распределением химических элементов в биосфере и состоянием биологической среды человека, разрабатывать модели прогнозирования воздействия химических элементов на здоровье населения, проживающего в определенных биогеохимических провинциях (Авцын А.П. и др., 1991; Кошкина В.С. и др., 2006; Кирилук Л. И., 2006; Ревич Б.А. и др., 2007, 2009; Скальный А.В. и др., 2014; Рафикова Ю. С. и др., 2014; Лебеденко С. А., 2015; Бурцева Т.И., 2016; Бакаева Е.А., 2017; Nifontova O. L., 2012; Skalny A.V. et al., 2014). На уровне ВОЗ, правительств многих стран, в том числе и Российской Федерации, разрабатываются программы, позволяющие предупреждать риск развития дефицита или избытка тех или иных химических элементов, а также снижать уровень техногенного

загрязнения среды обитания тяжелыми металлами (Прусаков В.М. и др., 2003; Ревич Б.А. и др., 2004; Рахманин Ю.А., 2012; Wittung – Stafshede P., 2016). Наиболее эффективным стратегическим средством защиты биологической среды человека правомерно считается проведение социально – гигиенического мониторинга (Рахманин Ю.А. и др., 2012).

Отечественная наука накопила много знаний о значении химических элементов в жизнедеятельности живых организмов, которые необходимо осмыслить, обобщить и на их основе выстроить стратегию научного поиска методов и/или программ, способных прогнозировать риск развития экологических кризисов вследствие эмиссии химических элементов промышленными предприятиями и, как следствие, снижения адаптации населения целых регионов (Агаджанян Н.А. и др., 2008, 2013; Нотова С.В. и др., 2012; Алексеенко В.А., 2000; Алексеенко В.А. и др., 2014, 2016).

Пища является первичным звеном связи живых организмов с геохимическими особенностями среды (Сусликов В.Л., 2000; Дубовой Р.М., 2009) и очевидно, что на различных территориях пищевая цепь биоэлементов неодинакова. Это объясняется особенностями содержания химических элементов в воздухе, воде, почве и, следовательно, в пищевых продуктах (Ковальский В.В., 1987; Kabata – Pendias A., 1999; Скальная М.Г. и др., 2004; Родионова Г.Б. и др., 2004; Ермаков В.В. и др., 2008; Барашков Г.К., 2011; Wessells K.R. et al., 2012).

В зависимости от характера загрязнения среды происходит поражение различных систем организма (Нотова С.В., 2005; Оберлис Д. и др., 2008, 2015; Yamaguchi S. et al., 2009; Grandjean P. et al., 2010; Medical geology, 2012; Sheehan W. J. et al., 2015). Исследования многих авторов свидетельствуют, что структура патологических процессов имеет как общие моменты, так и особенности, связанные с эколого-географической характеристикой региона (Жаворонков А.А. и др. 1999; Ермаков В.В. и др., 2008; Мирошников С.А. и др., 2013; Рафикова Ю. С. и др., 2014; Алексеенко В.А. и др., 2014; Лебеденко С. А., 2015; Бурцева Т.И., 2016; Бакаева Е.А., 2017; Therivel R., 1997). Следовательно, природно – геохимические особенности территорий как комплекс факторов, постоянно действующих на организм человека, могут вызвать не только эндемические заболевания, но и потенцировать антропогенное воздействие (Нотова С.В., 2005; Боев В.М., 2008; Лебедева Е.Г. и др., 2011; Агаджанян Н. А. и др., 2013; Афтанас Л.И. и др., 2014).

Регионы России со значительной антропогенной нагрузкой и, как следствие, повышенным уровнем загрязнения экосистемы представляют наибольший интерес для исследований. Оренбургская область является одним из таких регионов (Боев В.М., 2002; Скальный А.В. и др., 2003; Ревич Б.А., 2004; Нотова С.В., 2005; Мирошников С. В., 2014; Афтанас Л. И. и др., 2014; Бурцева Т.И., 2016; Сальникова Е.В., 2016). На её территории располагаются предприятия ведущих отраслей промышленности: пищевой, химической, нефтехимической, топливной, цветной и черной металлургии. Выбросы из загрязняющих источников распределяются неравномерно, сконцентрированы обычно в крупных городах и вокруг промышленных предприятий. Загрязнение

воздушной среды оставляет свой след и в других природных средах. В то же время отмечается выраженная тенденция к снижению содержания в воде, почве и растительных продуктах микроэлементов, в том числе цинка, которые принято называть жизненно необходимыми (эссенциальными) (Wessells K.R. et al., 2012). Специальные скрининговые исследования позволят принять управленческие решения по устранению природных и антропогенных факторов, влияющих на организм человека, улучшить качество жизни населения.

Степень разработанности. В исследованиях российских и зарубежных авторов освещены различные стороны изучаемого вопроса (Скальный А.В., 2000; Боев В.М. и др., 2002, 2003; Ревич Б.А., 2007; Оберлис Д. и др., 2008; Замана С.П., 2009; Бокова Т.И., 2011; Рафикова Ю.С. и др., 2014; Скальный А.В. и др., 2014; Алексеенко В.А. и др., 2013, 2016; Бакаева Е.А., 2017; Gibson R.S. et al., 2011; Prasad A. S., 2012; Haase H. et al., 2014; Ball M.J. et al., 2000, 2015).

Важное физиологическое значение цинка для нормального функционирования человеческого организма требует осуществления социально – гигиенического мониторинга цинкового статуса (in situ) территории и населения. Особое внимание при этом должно уделяться проблеме геохимической неоднородности его распределения в окружающей среде.

Дефицит цинка – значительная проблема для населения некоторых стран мира. Опасности развития цинк дефицитных состояний подвержено от 17 до 25 % жителей Земли (Maret W. et al., 2006; Gibson R.S. et al., 2011; Wessells K.R. et al., 2012). Ранее установлено (Kubori S. et al., 2006), что 20 % населения Японии имеют незначительный дефицит цинка, а 10 % – выраженный. Подвержены риску развития дефицита цинка 10 % населения Канады Африки, и 33 % Юго–Восточной Азии (Wuehler S.E. et al., 2005). У жителей отдельных регионов России недостаток цинка достигает от 30 до 90 % (Афтанас Л. И. и др., 2010 – 2014).

Анализ пищевого рациона американцев, например, свидетельствует об общем дефиците в нем цинка (Хабаров А.А. и др., 2012). Известно, что дефицит этого микроэлемента испытывают и жители Европы (Хабаров А.А. и др., 2012; Chasapis C.T. et al., 2012). Зарегистрирована цинковая недостаточность (гипоцинкоз) в Египте, Иране, Панаме, Португалии, Турции и некоторых других странах. Даже умеренный дефицит цинка может приводить к нервно-психическим расстройствам, сердечно-сосудистым заболеваниям (Ibs K.H. et al., 2003; Prasad A.S., 2012, 2014), к патологическим изменениям и медленному заживлению ран (Lansdown A.V. et al., 2007), повреждениям почек, в случае перегрузки тяжелыми металлами (Ivanova I.E. et al., 2008), а также может вызвать нарушения функций лимфоцитов (Plum L. M. et al., 2010).

В России встречается (Коровина Н.А. и др., 2011) дефицит цинка, однако на территории нашей страны реже регистрируются такие клинически выраженные симптомы его дефицита как инфантилизм (отставание в умственном, физическом и половом развитии), гипоосмия и гипогевзия

(снижение обонятельных и вкусовых ощущений), которые встречаются в Иране, Египте и некоторых других странах (Скальный А.В. и др., 2003).

В работе А.В. Скального и А.Т. Быкова (2003) показано, что у населения РФ наблюдается недостаток эссенциальных микроэлементов, в первую очередь цинка и меди. Низкое содержание меди встречается у жителей Нижнего Новгорода, Новосибирска, Иркутска, Саратова и др. Наибольшую опасность для здоровья представляет избыточное накопление свинца в организме жителей, проживающих в промышленных центрах с преобладанием металлургической, горнодобывающей промышленности, расположенных на Урале и в Сибири (Скальный А.В. и др., 2003; Афтанас Л. И. и др., 2010 – 2014).

Рядом исследователей Оренбургской области установлен дефицит йода, селена и цинка в организме человека (Нотова С.В. и др., 2005; Фролова О.О. и др., 2010); с 1998 по 2015 г.г. проводился мониторинг окружающей среды по изучению йодного (Конюхов В.А., 2005, Бурлуцкая О.И., 2005; Барышева Е.С., 2006) и селенового статуса (Мирошников С.А. и др., 2008; Бурцева Т.И. и др., 2008, 2016).

Однако в этих трудах не рассматриваются содержания эссенциальных (цинка, меди) и токсичных (кадмия, свинца) микроэлементов в биосфере и пищевых продуктах, а также экологически обусловленные причины возникновения цинковой недостаточности, по этой причине указанные работы нельзя непосредственно использовать для разработки системы экологического мониторинга состояния цинкового статуса.

Согласно современным представлениям, особый интерес вызывает влияние на входжение и характер распределения цинка в биосфере, пищевых продуктах и в организме человека его антагониста – меди, а также наиболее распространенных токсичных элементов в Оренбургской области – кадмия и свинца. Улучшение качества жизни, медико-демографических показателей возможно путем выявления и снижения риска дефицита цинка у населения, обусловленного избыточным накоплением свинца, кадмия, меди.

Цель исследования – эколого-геохимический мониторинг химических элементов (меди, кадмия и свинца), влияющих на цинковый статус населения Оренбургской области, выявление факторов риска развития заболеваний населения, обусловленных вариациями цинкового статуса, возможности профилактики цинк – ассоциированных заболеваний.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд конкретных задач.

Задачи исследования:

1. Оптимизировать методологический подход к проведению социально-экологического мониторинга биосферы окружающей среды и человека на территории Оренбургской области.

2. Установить содержание химических элементов (цинка, меди, свинца и кадмия) в биосфере с учетом экологической ситуации исследуемых биогеохимических зон Оренбургской области.

3. Определить содержание цинка, меди, кадмия и свинца в зерновых культурах и пищевых продуктах, производимых на территории Оренбургской области с последующим их ранжированием.

4. Изучить зональные особенности содержания микроэлементов в биологических субстратах населения Оренбургской области.

5. Оценить причинно – следственные связи экологических факторов с медико-демографическими показателями, способствующими развитию цинк – ассоциированных заболеваний.

6. Разработать систему экологического мониторинга цинкового статуса населения Оренбургской области, включающую моделирование рисков, с целью осуществления контроля и предупреждения цинк зависимых заболеваний.

Научная новизна работы. Впервые на территории Оренбургской области проведено комплексное социально–экологическое исследование уровня эссенциальных (цинка и меди) и токсичных (свинца и кадмия) микроэлементов в подземных водах и определено содержание подвижных форм химических элементов в почвах. Определена корреляция вхождения этих элементов в подземные воды с содержанием их в почвах.

В ходе проведенной работы установлены основные экологические факторы, способствующие формированию микроэлементных дисбалансов жителей исследуемых территорий: низкий уровень цинка и меди в подземных водах и почвах Западной и Центральной зон и высокий в районах, расположенных на востоке области.

Научно обосновано влияние антагонистических взаимодействий цинка и меди, цинка и кадмия на формирование дисбаланса микроэлементов, обусловленного избыточным уровнем меди и кадмия. Установлено влияние дисбаланса микроэлементов в биосубстратах взрослого населения на развитие экологически обусловленных заболеваний.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РГНФ и правительства Оренбургской области, Министерства образования Оренбургской области:

– РГНФ и правительства Оренбургской области соглашение № 12 – 16 – 56003, № 12 – 16 – 56003а тема «Экологическая оценка содержания цинка в экосистеме (почва, вода, продукты питания, человек), с целью улучшения качества продуктов питания производимых на территории Оренбургского региона» (2012 – 2013 г.г.);

– Областной грант соглашение № 26 тема «Создание научно-методической основы для разработки функциональных экспорт ориентированных продуктов питания, на основе природно-обогащенного цинком сельскохозяйственного сырья в Оренбургской области» (2018 г.);

– Областной грант соглашение № 38 тема «Внедрение перспективных разработок в области создания и экспертизы препаратов-микронутриентов для человека и животных» (2018 г.).

Теоретическая и практическая значимость работы. Проведенные исследования по содержанию химических элементов в биосфере, зерновых культурах, пищевых продуктах, биологических субстратах населения позволили осуществить эколого-геохимический мониторинг территории Оренбургской области.

Установленные уровни содержания цинка, меди, свинца и кадмия в объектах окружающей среды и в биосубстратах населения Оренбургской области могут быть востребованы при осуществлении мониторинга данной территории. Практическое значение исследования заключается в использовании комплексного подхода, направленного на профилактику заболеваний, вызванных дисбалансом микроэлементов у жителей, проживающих в геохимических провинциях с различным уровнем ксенобиотической нагрузки.

Результаты работы послужили основой для подготовки научных отчетов по грантам РГНФ и правительства Оренбургской области соглашение № 12 – 16 – 56003, № 12 – 16 – 56003а и Министерства образования Оренбургской области соглашение № 26 и № 38.

Результаты исследования вошли в монографию «Тяжелые металлы в биогеоценозах, биоремедиации и здоровье населения» (2018 г.), учебные пособия «Методы концентрирования и разделения микроэлементов», «Токсикологическая химия» (рекомендованы Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», 2012). По результатам исследования получен патент «Средство стимулирования роста сельскохозяйственных культур, преимущественно пшеницы» (Патент RU 2635103, заявл. 21.11.2016. Оpubл. 09.11.2017, Бюл. № 31. – 2017. – 7 с.).

Материалы диссертационной работы внедрены в работу федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», в учебный процесс при изучении студентами дисциплин «Общая экология», «Геоэкология», «Охрана окружающей среды», «Основы природопользования», на кафедре биологии, экологии и химии Бирского филиала БашГУ.

Материалы диссертационного исследования рекомендованы к использованию в работе кафедр и факультетов медицинского направления ведущих вузов страны, в научных исследованиях и учебном процессе на кафедрах химико–биологического факультета Оренбургского государственного университета.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Составленная картограмма по уровню распределения эссенциальных (цинк и медь) и токсичных (свинец и кадмий) микроэлементов в почвах Оренбургской области позволила выявить территории экологического риска развития цинкзависимых заболеваний у человека и животных. Установлено неоднородное распределение подвижных форм эссенциальных элементов в почвенных покровах со средними значениями 15,39 мг/кг Zn и 1,51 мг/кг Cu. Показатели цинка изменяются в пределах от 1,91 до 31,21 мг/кг (в 16 раз) и меди от 0,11 до 4,59 мг/кг (в 45 раз). Выявлены административные районы области, в пределах которых содержание цинка и меди в почве колеблется в наибольшей степени по отношению к средним значениям (Адамовский и Ясненский в 1,5 раза; Кваркенский, Кувандыкский и Новоорский в 1,6 раза; Гайский в 1,7 раз).

2. Две зоны Оренбургской области могут быть отнесены к цинкдефицитным биогеохимическим провинциям по содержанию его в почвах (западная – 0,6 от ПДК и центральная – 0,4 от ПДК) с выраженным дисбалансом антагонистов меди, кадмия и свинца. В почвах восточной зоны количество цинка в пределах ПДК. Этот фактор «наследуется» пищевыми продуктами. В пшенице, выращенной в Западной, Центральной и Восточной зонах, соответственно, количество цинка составляет 0,26; 0,36 и 0,48 от ПДК.

3. Цинк обладает способностью накапливаться в печени животных, выращенных в разных зонах Оренбургской области. Способность цинка к накоплению в почках несколько ниже и составляет 0,8 относ. един. ПДК, а в мышцах и сердце от 0,2 до 0,6 относ. един. ПДК. Медь накапливается преимущественно в почках, печени и сердце в количествах от 0,2 до 0,6 относ. един. ПДК. В почках животных выращенных на востоке области, этот показатель приближается к значению ПДК.

4. Корреляционный анализ показал, что уровни цинка в волосах положительно коррелируют с содержанием цинка в воде ($r = 0,754$, $p < 0,001$) и в почве ($r = 0,686$, $p < 0,001$), но не с уровнями цинка в пшенице. В свою очередь, уровни цинка в пшенице прямо связаны с уровнями его в почве ($r = 0,366$, $p = 0,030$) и в воде ($r = 0,492$; $p = 0,003$), хотя корреляция довольно слабая. В случае меди значительная прямая корреляция наблюдалась только между содержанием её в почве и воде ($r = 0,769$; $p \leq 0,001$). Все остальные ассоциации не были значительными.

5. В Оренбургской области повышен риск избытка меди для всех изученных групп населения, кроме мальчиков. Данный факт можно объяснить сочетанием природно – экологических факторов (добыча цветных металлов в восточных и южных регионах) и, вероятно, относительно высоким уровнем поступления этого микроэлемента с питанием.

6. Референтные значения содержания цинка в волосах жителей Оренбургской области находятся ниже соответствующих всероссийских значений (134,7 – 301,9 мкг/г) за счет низкого содержания цинка в волосах жителей Западной и Центральной зон. Уровень цинка в волосах жителей Восточной зоны находится в пределах российских референтных значений. При

этом уровень меди в волосах жителей Оренбургской области в целом соответствует общероссийским показателям (11,8 – 29,2 мкг/г). Напротив, референтные значения содержания кадмия и свинца в волосах превышают соответствующие общероссийские значения (0,187 – 1,389 мкг/г и 0,006 – 0,056 мкг/г), что согласуется с ранее полученными данными.

7. Элементный статус изученных групп населения Оренбургской области в целом существенно отличается от средних показателей по ПФО. В волосах женщин Оренбургской области наблюдаются содержания микроэлементов, превышающие ПФО: Cu (31 %), Cd и Pb (23 % и 17 %) и повышена частота дисбалансов Cd/Zn, Cu/Zn. Среди мужского населения области отмечен дефицит Zn (34 %).

8. Система экологического мониторинга обеспеченности населения цинком (на примере Оренбургской области) позволяет моделировать экологические риски развития цинк – ассоциированных заболеваний и возможные причинно – следственные связи с целью осуществления контроля и предупреждения цинк зависимых заболеваний.

Методология и методы исследования. Методологическая часть исследования основана на аргументированном применении алгоритмов научного поиска. Для решения поставленных задач был применен комплекс расчетных, лабораторных, аналитических методов исследований, позволяющих реализовать запланированный объем работ, их статистическую обработку и оценку степени достоверности.

Для определения цинка, меди, кадмия и свинца в объектах окружающей среды и пищевых продуктах применялись современные аналитические методы. Исследования проводились в аккредитованной лаборатории Испытательного Центра ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН (аттестат аккредитации И.Л. NPOOCRU 000121 ПФ 59) методом атомно – абсорбционной спектроскопии, а также на кафедре химии ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Аналитические и расчетные методы исследования применялись для установления цинкового статуса населения. В качестве биосубстратов использовались образцы волос. Определение содержания цинка, меди, кадмия и свинца в диагностируемом биосубстрате (волосы) проводились в аккредитованной клинко-диагностической лаборатории автономной некоммерческой организации «Центр биотической медицины» (ISO 9001: 2000, сертификат 4017 от 05.04.2006, BM TRADA Certification Limited Incorporating CQA), ассоциированной компании IUPAC.

Соответствие паспорту научной специальности.

Результаты проведенного исследования соответствуют пунктам 2.2 и 2.3 паспорта научной специальности 03.02.08 – Экология.

Степень достоверности и апробация материалов исследования.

Достоверность исследований определяется репрезентативным объемом групп наблюдений, использованием современных методов объективной оценки и верификации полученных научных результатов, а также применением современных методов статистической обработки данных. Выводы и положения аргументированы системным анализом достаточного объема выборок разноплановых исследований.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены и обсуждены на: II Всероссийской научно – практической конференции «Инновационные процессы в области химико – педагогического и естественнонаучного образования» (Оренбург, 2012); Международной научно – практической конференции «Инновации в науке, производстве и образовании» (Рязань, 2013); IV Всероссийской научно – практической конференции, посвященной 130 – летию со дня рождения первого зав. кафедрой географии ПГСГА, проф. К.В. Полякова «Эколого–географические проблемы регионов России» (Самара, 2013); IX Międzynarodowej naukowo–praktycznej konferencji «Wykształcenie i nauka bez granic – 2013» (Przemysl, 2013); VI Всероссийской научно – практической конференции «Проблемы экологии Южного Урала» (Оренбург, 2013); VII Всероссийской научно – практической конференции «Проблемы экологии Южного Урала» (Оренбург, 2015); IX Международной научно – практической конференции «Наука и образование в современном мире» (Москва, 2016); Международной научно – практической конференция «Наука сегодня: реальность и перспективы» (Вологда, 2016); Международной научно – практической конференции «Наука сегодня: Проблемы и пути решения» (Вологда, 2016); IV Международной научно – практической конференции «Биоэлементы» (Оренбург, 2016); Joint 16th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals (TEMA–16), 12th Conference of the International Society for Trace Element Research in Humans (ISTERH 2017) and 13th Conference of the Nordic Trace Element Society (NTES 2017) (Russia, Saint – Petersburg, 2017); Всероссийской научно–методической конференции «Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры» (Оренбург, 2018); II Всероссийской научно–практической конференции «Агаджаньяновские чтения» (Москва, 2018); Международной научно-практической конференции «Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее» (Москва, 2018); V съезде Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ) (Москва, 2018).

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 с учетом рекомендаций научного консультанта.

Мы выражаем глубокую благодарность доктору биологических наук, доценту Бурцевой Татьяне Ивановне за помощь в выполнении статистических исследований, а также студентам химико–биологического факультета ОГУ 2010 – 2014 года обучения за оказанную помощь в отборе проб (объектах

окружающей среды, пищевых продуктов и биосубстратов – волос). Выражаем глубокую благодарность старшему преподавателю кафедры химии Оренбургского государственного университета (ОГУ) Осиповой Елене Александровне за помощь в проведении лабораторных исследований и систематизацию полученных результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликована одна монография, 2 учебных пособия для студентов вузов, 38 научных статей, из которых 20 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ и 3 статьи в изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus для соискания ученой степени доктора биологических наук. Предложено средство стимулирования сельскохозяйственных культур, преимущественно пшеницы (Патент RU № 2635103).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 274 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания методов исследования, 4-х глав результатов собственных исследований, обсуждения, заключения, выводов, практических рекомендаций, приложения. Список литературы включает 463 источника, в том числе 291 отечественных и 172 зарубежных авторов. Диссертация содержит 65 таблиц, иллюстрирована 49 рисунками.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Современные представления о взаимосвязи микроэлементов в окружающей среде и биологической сфере человека

В главе проанализированы данные, посвященные особенностям некоторых биогеохимических провинций биосферы, взаимодействию микроэлементов в окружающей среде, влиянию геохимической среды Южного Урала на состояние здоровья населения, современным методам оценки элементного статуса человека.

Глава 2. Объекты и методы исследований

Методологические принципы отбора проб и проведения мониторинга биологической среды населения Оренбургской области

Комплексный мониторинг статусного распределения микроэлементов цинка, меди, кадмия и свинца в биосфере Оренбургской области проведен после обстоятельного анализа современной информационной базы, содержащей сведения об экологических условиях в области и антропогенном влиянии на эти условия.

Методологический подход к отбору проб для исследования обусловлен тем, что Оренбургская область представляет собой весьма протяженную территорию в направлении с запада на восток – 755 км, с севера на юг – 425 км. Область имеет границы с Татарстаном, Башкортостаном и Челябинской областью на севере, с Казахстаном – на востоке и юге, Самарской областью –

на западе. Общая протяженность границ 3700 км. По геохимическим признакам Оренбургскую область можно разделить на три зоны: Восточную, Центральную и Западную (Прихожай Н.И. и др., 2004). Для проведения исследований в период с 2010 г. по 2015 г. были отобраны образцы проб в 35 районах Оренбургской области (рисунок 1).

Отбор и подготовка проб подземных вод осуществлялась из колодцев, скважин и каптажей родников в сельской местности Оренбургской области с глубины не менее 10 метров в пластиковые пробирки, обработанные горячей азотной кислотой, затем добавляли хлористый натрий до концентрации 3 % (ГОСТ Р 51593–2000 «Вода питьевая. Отбор проб»). Отбор проб почвы осуществлялся согласно МУ (М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003).

Всего было отобрано 875 продуктов растительного происхождения в осенний период согласно ГОСТ: зерно пшеницы, 525 проб (ГОСТ 26312.1-84 «Крупа»); хлеб пшеничный, 350 проб (ГОСТ 5667-65 «Хлеб и хлебобулочные изделия»).

Продукты животного происхождения отбирали из 35 районов Оренбургской области в соответствии с ГОСТ осенью 2013 года.

Всего было отобрано 1050 проб пищевых продуктов животного происхождения (пробы были отобраны в осенний период согласно ГОСТ):

- молоко, 350 проб (ГОСТ 3622-68 ГОСТ Р ИСО 707-2010 «Молоко и молочные продукты»);
- мясо говядины, 350 проб (ГОСТ 7269-79 «Мясо»);
- рыбные продукты, 350 проб (ГОСТ 7631-85 «Рыба и продукты переработки»).

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

Методы исследования, используемые в работе.

Методы исследования показателей качества подземных вод: водородный показатель (измеряется рН–метром, погрешность не более 0,1 рН); общая жесткость (титриметрический (СанПиН 2.1.4.1074–01); общая минерализация (гравиметрический (СанПиН 2.1.4.1074–01).

Содержание ионов хлора и фтора в пробах воды определяли согласно утвержденным ГОСТам (ГОСТ 4245–72 и ГОСТ 4386–89 соответственно).

Атомно – абсорбционный метод. Исследования по определению цинка, меди, свинца и кадмия в объектах окружающей среды проводили по стандартизированным методикам в аккредитованной лаборатории Испытательного Центра ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН (аттестат аккредитации И.Л. NPOOCRU 000121 ПФ 59) методом атомно–абсорбционной спектроскопии.

Исследование по определению содержания цинка, меди, кадмия, свинца и еще 21 химического элемента в биосубстрате (волосы) проведено в испытательной лаборатории Центра Биотической Медицины (г. Москва):

- Аккредитация (аттестат № ГСЭН.RU.ЦОА.311);
- Медицинская лицензия (МДКЗ №13665/5124);

- Лицензия на лабораторную деятельность (МДКЗ №14690/6149);
- Регистрационный номер в государственном реестре РОСС.RU.0001.513118 от 29.05.2003.

Лабораторные исследования по определению концентрации цинка, меди, кадмия и свинца в волосах обследованных лиц выполнены методом масс – спектрометрии с индукционно связанной аргоновой плазмой (МС–ИСП) (Современные методы анализа и оборудование / 1999; МУК 4.1.1482–03; МУК 4.1.1483–03, МЗ РФ 29.06.2003 г.; Рудаков И.А. и др., 2006; Скальный А.В. и др., 2009; Еремин С.А. и др., 2010).

Методы статистической обработки результатов. Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке, которую проводили с использованием пакета программ MS Excel и программы STATISTICA version 6.1. Нормальность распределения данных о содержании исследуемых металлов в образцах волос, подземной (питьевой) воды, почвы, пшеницы оценивалась методом Шапиро - Вилка. Поскольку все данные (вода, почва, пшеница, волосы) характеризовались негауссовым распределением, медианы и границы 25-75 перцентилей использовались в качестве описательной статистики. Сравнение парных групп проводилось с использованием U-теста Манна-Уитни.

При значительных выборках оценивали формы кривых распределения значений, возможность аппроксимации их «нормальными» распределениями, наличие асимметрии. При наличии асимметрии использовали для описания результатов средние арифметические значения и медианы. В большинстве случаев эти значения оказывались близкими.

Оценка и анализ интегральных абсолютных значений содержания микроэлементов в различных средах – воде, почве, растениях, в организмах животных и населения области не дают полной информации о причинах и интенсивности обменных процессах, существующих как между микроэлементами в отдельных субстанциях, так и между этими субстанциями.

Необходимо использовать какую-то «универсальную шкалу», позволяющую составить общую картину биологической среды населения области, указывающую на степень ее благополучности, приемлемые риски и критические точки.

С этой целью автор вводит шкалу относительных показателей – отношение абсолютного содержания микроэлемента $\Phi = C/ПДК$ в той или иной среде к значениям ПДК, установленных для этой среды.

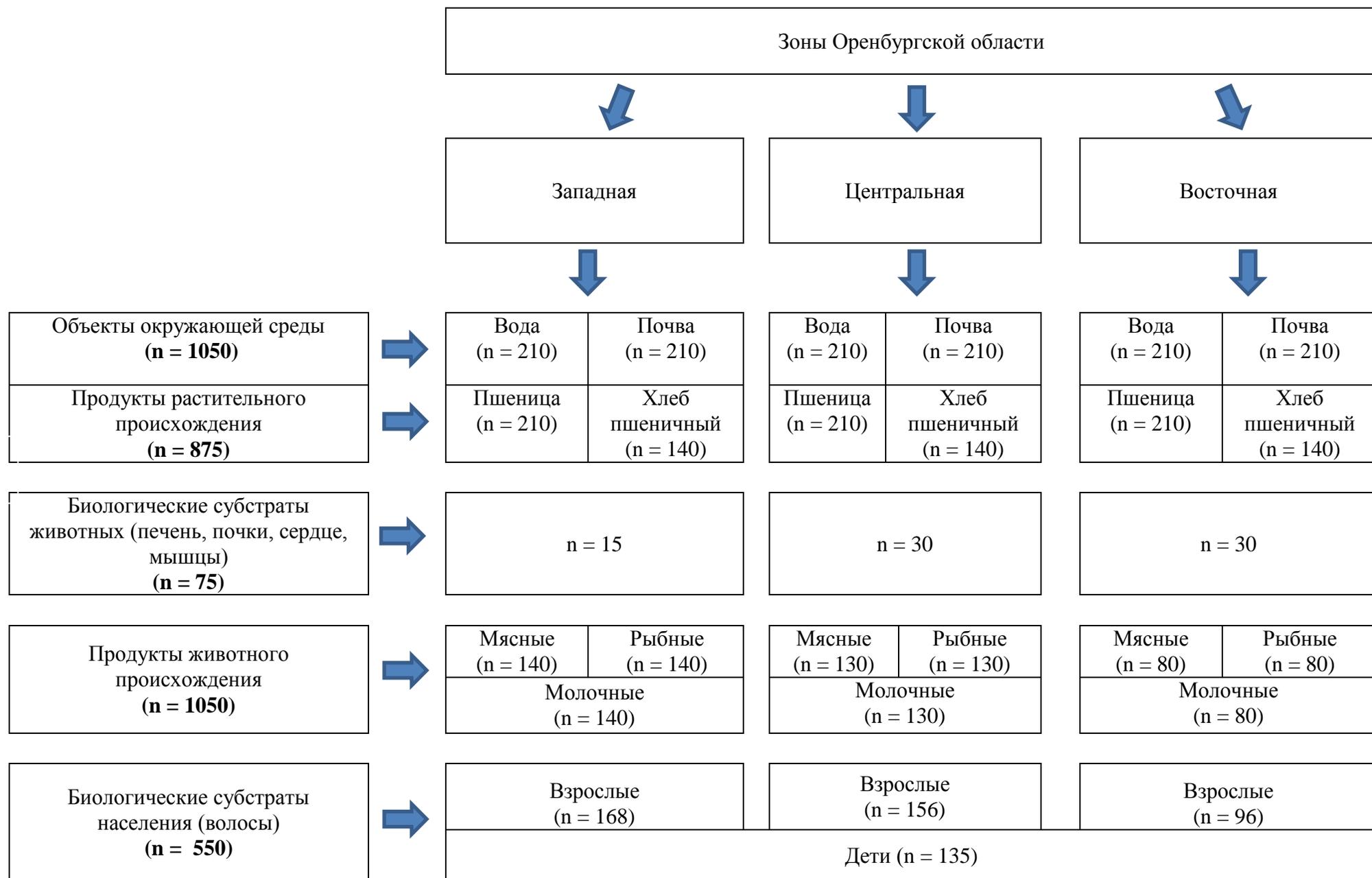


Рисунок 1 – Схема отбора проб

Такая шкала позволяет получить общую картину экологического состояния геохимических характеристик трех зон в области, влияния этого состояния на качество пшеницы и продуктов животных происхождения на здоровье населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Глава 3. Экологическая оценка содержания цинка и его антагонистов в биосфере Оренбургской области

Миграция химических элементов в экосистеме происходит за счет переноса их водной средой (Рахманин Ю.А. и др., 2010), вода является первичным звеном, определяющим адекватность адаптации организма к факторам геохимической среды, поэтому анализ результатов комплексного мониторинга статуса цинка и его антагонистов целесообразно начинать с экологического состояния питьевых вод.

На начальном этапе исследований изучали показатели качества подземных вод в отобранных образцах из 35 районов Оренбургской области. 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., 2004). Согласно данному делению, в таблице 1 представлены средние значения водородного показателя, общей минерализации и общей жесткости воды. Нами установлено, что для подземных вод большинства исследованных районов Оренбургской области (62,8 %) значение рН в среднем находится в интервале 7,2 – 7,5. Исключение составляют 7 районов из 35 (20 %), где рН подземных вод меньше 7,0. Значения рН выше 8 (до 9,0) были обнаружены в 5 районах из 13 (38,5 %), расположенных в Центральной зоне Оренбургской области. На данной территории располагаются газоперерабатывающие предприятия, выбросы которых оказывают негативное влияние на водородный показатель подземных вод.

Таблица 1 – Средние показатели качества подземных вод

Показатели качества подземных вод	Зона			Примечание (превышение ПДК)
	Западная	Центральная	Восточная	
Водородный показатель, рН	7,5	7,3	7,2	не обнаружено
Общая минерализация, мг/л	665,8	780,0	448,4	в 9 районах из 35 (25,7 %)
Общая жесткость, ммоль/л	4,7	4,3	7,3	в 15 районах из 35 (42,9 %)

Уровень общей минерализации наиболее высок в Центральной зоне области и в абсолютном значении составляет 780 мг/л, это выше относительно Западного

в 1,17 раза, а относительно Восточного – в 1,74 раза, что согласуется с результатами других исследований (Чеснокова Л.А., 2004), выполненных более 15 лет назад. Повышенный уровень минерализации может быть вызван содержанием солей хлористоводородной кислоты, калия, натрия, а также токсичных ионов тяжелых металлов, которые представляют опасность для живых организмов (Онищенко Г.Г., 1999). Питьевая вода с уровнем минерализации выше 1000 мг/л не пригодна для потребления человеком (Рахманин Ю.А. и др., 2010).

Нами установлено, что в 17 из 35 обследованных районов Оренбургской области значения показателя жесткости изменяются от 2,2 до 4,2 ммоль/л, что соответствует установленным гигиеническим нормам (СанПиН 2.1.4.1074 – 01, 2001). В 15 районах области показатель общей жесткости превысил предельно допустимые концентрации (42,9 %). Уровень жесткости воды на востоке области выше, чем в Центральной и Западной зонах в 1,6 и 1,7 раза, соответственно (таблица 1).

Далее определяли концентрацию эссенциальных микроэлементов (цинка и меди), а также токсичных элементов (кадмия и свинца) – их антагонистов, в подземных водах и почвах Оренбургской области. Результаты исследований представлены в таблицах 2 – 5. Наименьшая концентрация цинка и меди обнаружена в районах, расположенных в Центральной зоне Оренбургской области (в среднем 1,44 мг/л и 0,06 мг/л соответственно). Установлено, что в 17 из 35 районов (48,6 %) концентрация цинка ниже среднего уровня ПДК. Подземные воды Восточной зоны отличаются повышенным содержанием цинка по сравнению с Западной и Центральной в 2 раза и 3 раза, соответственно.

Изучая результаты содержания цинка в почве, мы отметили, что почвах Восточной зоны содержание цинка выше по сравнению с Центральной и Западной в 2,6 и 1,8 раз, соответственно (таблица 2). В почвах Западной зоны содержание цинка составило 0,75 ПДК, а в Центральной – менее 0,5 ПДК.

Средняя концентрация меди в подземных водах Восточной зоны больше, чем в Западной и Центральной – в 17 раз ($p < 0,001$) и 19 ($p < 0,001$).

Таблица 2 – Содержание цинка в объектах окружающей среды (вода, мг/л; почва, мг/кг)

Показатель	Зоны Оренбургской области					
	Западная		Центральная		Восточная	
	вода	почва	вода	почва	вода	почва
Среднее (M)	1,99	13,65	1,44	9,25	4,73	23,92
Доверит. интервал с $P=0,95$ (\pm)	0,09	0,53	0,08	0,75	0,094	0,65
Стандартная ошибка (m)	0,046	0,27	0,040	0,38	0,048	0,33
Медиана (Me)	1,98	13,80	1,31	9,02	4,86	23,78
Минимум (Min)	0,74	5,23	0,66	1,12	3,78	17,43
Максимум (Max)	3,33	21,72	2,86	22,92	6,06	31,2
Число наблюдений (n)	210	210	195	195	120	120

В то же время, концентрация меди в Западной зоне на 10 % выше, чем в Центральной ($p = 0,003$) (таблица 3).

Низкие концентрации цинка и меди в воде способствуют формированию недостатка этих микроэлементов в организме жителей, проживающих на данной территории. Известно (Prasad A., 2005; Оберлис Д. и др., 2008; Rinke L. et al., 2011), что дефицит цинка в организме человека приводит к хронической усталости, аллергическим заболеваниям, выпадению волос, бесплодию, импотенции. Дефицит меди проявляется повышенной утомляемостью, головными болями, снижением работоспособности, частыми простудными заболеваниями и другими неспецифическими признаками.

Таблица 3 – Содержание меди в объектах окружающей среды (вода, мг/л; почва, мг/кг)

Показатель	Зоны Оренбургской области					
	Западная		Центральная		Восточная	
	вода	почва	вода	почва	вода	почва
Среднее (M)	0,07	0,63	0,06	0,51	1,05	2,59
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	0,008	0,043	0,009	0,03	0,04	0,16
Стандартная ошибка (m)	0,004	0,022	0,004	0,014	0,02	0,08
Медиана (Me)	0,057	0,63	0,05	0,48	0,97	2,60
Минимум (Min)	0,004	0,12	0,004	0,20	0,78	0,83
Максимум (Max)	0,24	1,48	0,23	1,12	1,91	4,55
Число наблюдений (n)	210	210	195	195	120	120

Нами выявлено, что в почвах Восточной зоны меди содержится в 4,2 и 5,2 раз больше, чем в Западной и Центральной (таблица 3). В целом по области, медь в почвах распределена по регионам неравномерно: в западном и центральном – менее 0,5 ПДК, в восточном – превышение значений ПДК в среднем в 2 раза. Это связано с работой действующих на этой территории предприятий: Медногорского медно – серного комбината, металлургического комбината ОАО "Уральская Сталь", Гайского медеплавильного завода, Гайского завода по переработке цветных металлов (медь, латунь, медно-никелевый и никелевый прокат, литая латунь и обработка бронзы), «Ормет» (производство меди, цинкового концентрата).

Полученные уровни содержания цинка и меди в почве согласуются с данными, приведёнными в литературе (Русанов А.М. и др., 2012; Климентьев А.И. и др., 2013; Лебеденко С. А., 2015). Как следует из результатов исследований, в Западной зоне соотношение Zn/Cu составляет 20, тогда как в Восточной и Центральной около 10.

Во всех исследованных образцах значения концентраций свинца не превышали ПДК. На долю с наивысшей концентрацией свинца 0,41 ПДК приходятся источники, расположенные на востоке области (таблица 4). В Западной зоне содержание свинца изменяется в пределах от 0,01 до 0,027 мг/л, что составляет 0,3 ПДК. В почвах районов, расположенных на западе области, содержание свинца выше, в среднем в 1,3 раза, чем в других зонах и это согласуется с данными (Лебедева Е.Г. и др., 2011).

Исследования показали, что средняя концентрация кадмия в подземных водах Центральной зоны выше, чем в Восточной в 2,2 раза и Западной – 1,2 раза.

Таблица 4 – Содержание свинца в объектах окружающей среды (вода, мг/л; почва, мг/кг)

Показатель	Зоны Оренбургской области					
	Западная		Центральная		Восточная	
	вода	почва	вода	почва	вода	почва
Среднее (M)	0,02	3,69	0,02	2,89	0,03	2,88
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	0,001	0,32	0,001	0,28	0,001	0,18
Стандартная ошибка (m)	0,0005	0,17	0,0006	0,14	0,0007	0,09
Медиана (Me)	0,020	2,62	0,018	2,18	0,024	2,75
Минимум (Min)	0,002	1,02	0,0014	1,01	0,012	1,22
Максимум (Max)	0,04	9,54	0,04	9,70	0,04	5,38
Число наблюдений (n)	210	210	195	195	120	120

Превышение ПДК по кадмию обнаружено в восьми районах из 35 исследуемых, что составляет 22, 9 %. На востоке области среднее содержание кадмия в почвах составило 0,07 мг/кг, а в Западной и Центральной зонах – 0,104 и 0,12 мг/кг соответственно (таблица 5). Нами выявлено, что кадмия в почве Центральной зоны области больше, чем в Восточной и Западной – 1,7 и 1,2 раза соответственно. Сопоставление и обобщение данных показывает, что на востоке области содержание цинка и меди в воде и почве находится на верхней границе, либо превышает ПДК.

По токсичным элементам наблюдаем обратную картину, содержание кадмия и свинца ниже предельно допустимых концентраций. Низкие значения содержания микроэлементов (цинка и меди) зафиксированы в Западной и Центральной зонах.

Таблица 5 – Содержание кадмия в объектах окружающей среды (вода, мг/л; почва, мг/кг)

Показатель	Зоны Оренбургской области					
	Западная		Центральная		Восточная	
	вода	почва	вода	почва	вода	почва
Среднее (M)	0,001	0,104	0,002	0,12	0,0006	0,07
Доверит. интервал с P=0,95 (±)	0,0002	0,005	0,0003	0,024	0,0001	0,01
Стандартная ошибка (m)	0,0001	0,003	0,0001	0,012	0,00006	0,005
Медиана (Me)	0,001	0,093	0,001	0,068	0,0000	0,056
Минимум (Min)	0	0,05	0	0,008	0	0,008
Максимум (Max)	0,008	0,23	0,008	0,81	0,001	0,22
Число наблюдений (n)	210	210	195	195	120	120

Концентрация кадмия в воде превышает ПДК. Данный факт объясняется тем, что существует конкуренция между металлами: кадмий – цинк, цинк – медь, свинец – цинк.

Глава 4 Оценка экологического статуса растительных и животных продуктов питания населения Оренбургской области

Актуальной задачей являются исследования по оценке экологической чистоты зерновых культур Оренбургской области. Широко используется зерно злаковых культур на корм скоту и в пищу, из него изготавливают муку, крупяные и макаронные изделия, в том числе и для диетического и детского питания.

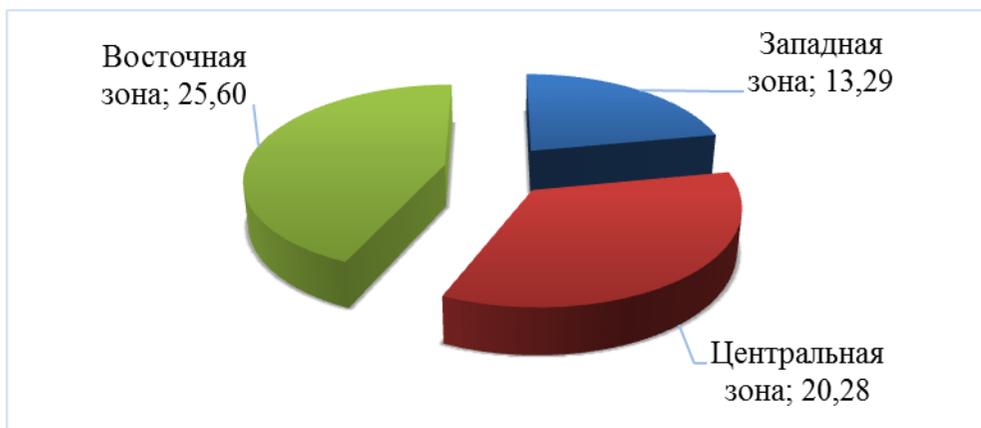
Среднее содержание цинка в пшенице Западной и Центральной зон Оренбургской области составляет $13,29 \pm 2,9$ мг/кг и $20,28 \pm 1,8$ мг/кг соответственно, а в Восточной – $25,60 \pm 8,3$ мг/кг (рисунок 2). В пшенице, выращенной на востоке области, содержание цинка выше, чем в Западной и Центральной зоне в 1,97 и 1,26 раз, соответственно, в Центральной зоне выше, чем в Западной в 1,57 раз.

Экспериментально установлено, что средние значения содержания меди в пшенице, выращенной в Восточной зоне, составляют 4,91 мг/кг, Центральной – 4,59 мг/кг и Западной 3,98 мг/кг (рисунок 2). Выявлено, что на востоке области меди в пшенице содержится в 1,24 и 1,07 раз больше, чем в Западной и Центральной зоне. Содержание меди в Центральной зоне выше в 1,15 раз, по сравнению с Западной. Повышенное содержание цинка и меди объясняется наличием в зоне Южного Урала рудных месторождений, из-за чего в почве и растительности обнаружено повышенное содержание этих микроэлементов (Боев В.М., 1998; Медведев П.В. и др., 2009). Содержание кадмия в пшенице колеблется от 0,001 до 0,007 мг/кг, что значительно ниже ПДК, и это характерно для всех трех зон Оренбургской области (рисунок 2).

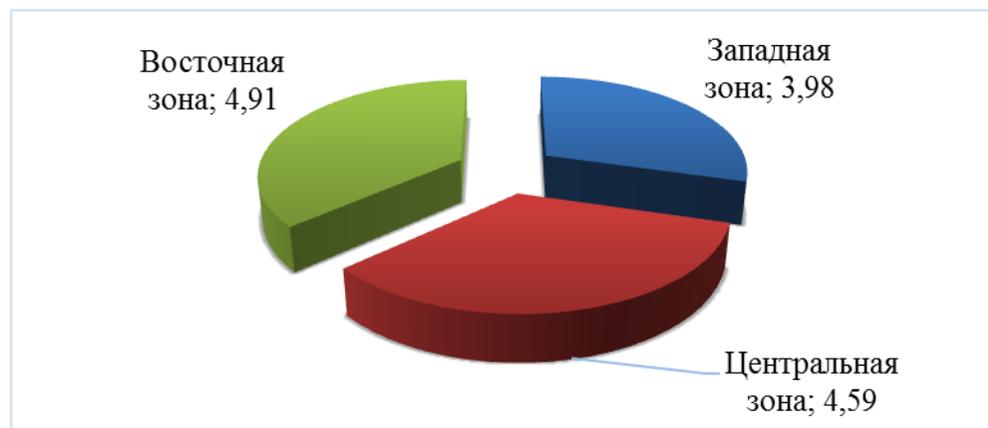
Экспериментально установлено, что среднее содержание свинца в пшенице, выращенной в Западной зоне, составляет 0,60 мг/кг, Центральной – 0,24 мг/кг, Восточной – 0,47 мг/кг. Содержание свинца в пшенице районов Западной зоны Оренбургской области в 2,5 и 1,3 раз выше, чем в Центральной и Восточной.

Таким образом, содержание цинка, меди, кадмия и свинца в яровой пшенице Оренбургской области не превышает ПДК и соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.56096, следовательно, она экологически безопасна и может широко использоваться для употребления в пищу.

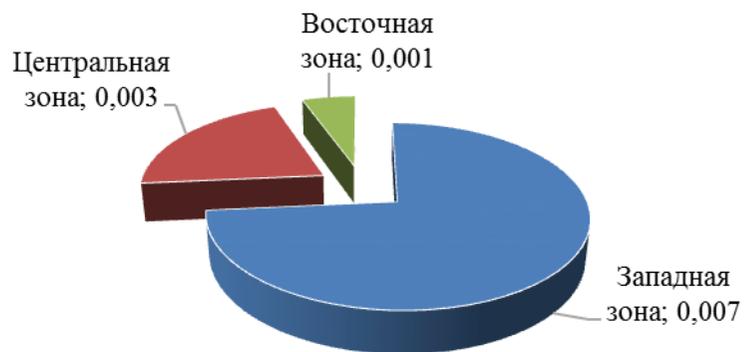
Экологический мониторинг по содержанию микроэлементов в продуктах животного происхождения был проведён в Сакмарском и Соль–Илецком районах (Центральная зона); в Светлинском и Кваркенском районах (Восточная зона) и в Сорочинском районе (Западная зона). Проведенные исследования показывают (таблица 6), что наибольшее количество микроэлемента цинка обнаружено в печени животных, выращенных в Кваркенском и Светлинском районах, и составляет в среднем 103,04 мг/кг (1,03 ПДК).



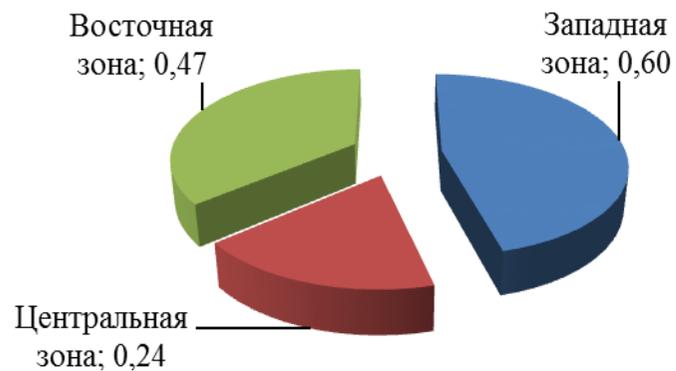
а)



б)



в)



г)

а) цинк; б) медь; в) кадмий; г) свинец

Рисунок 2 – Среднее содержание химических элементов (мг/кг) в пшенице Оренбургской области

На рисунках 3 – 5 представлено среднее значение содержания эссенциальных микроэлементов (цинка и меди) в биосубстратах животных по трем зонам Оренбургской области.

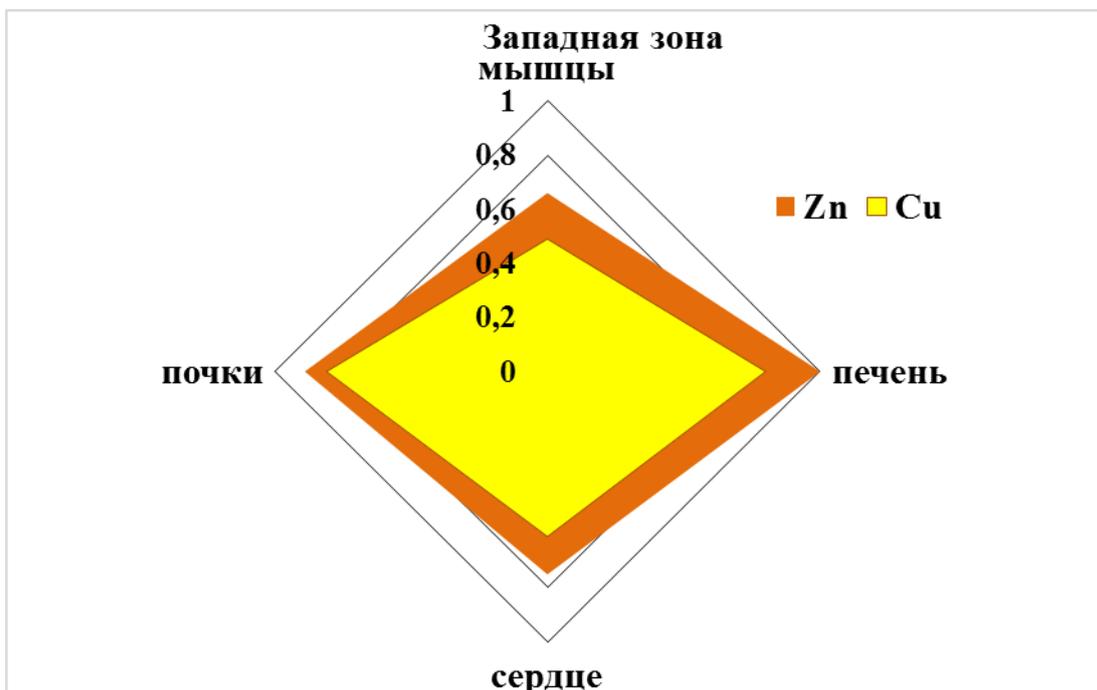


Рисунок 3 – Содержание эссенциальных микроэлементов в биосубстратах животных, выращенных в Западной зоне

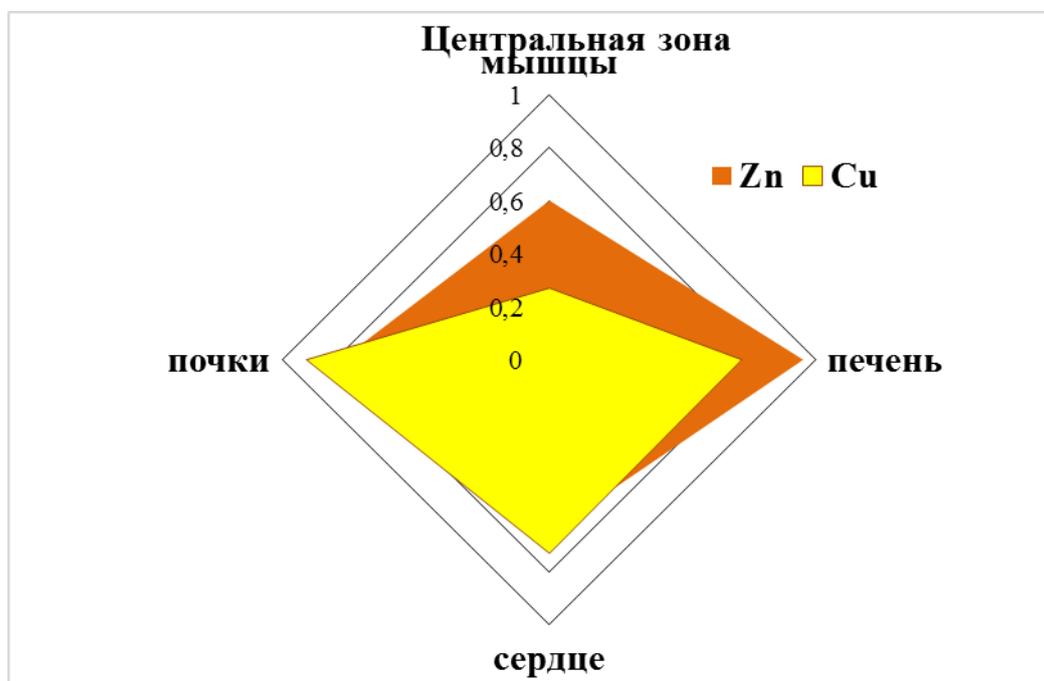


Рисунок 4 – Содержание эссенциальных микроэлементов в биосубстратах животных, выращенных в Центральной зоне

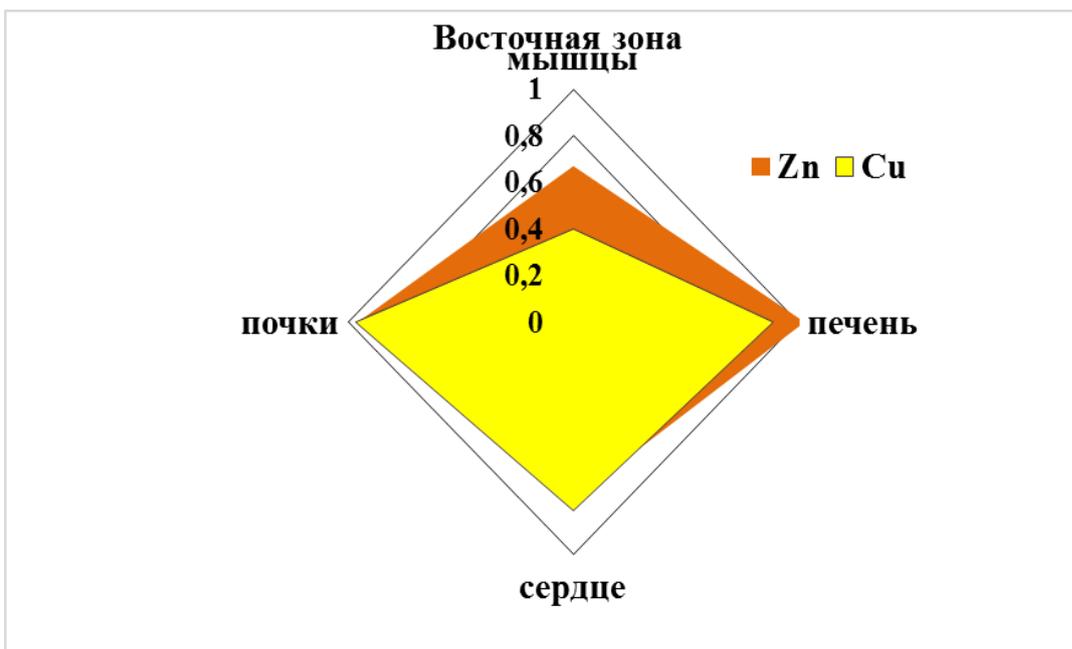


Рисунок 5 – Содержание эссенциальных микроэлементов в биосубстратах животных, выращенных в Восточной зоне

Видно, что микроэлемент цинк обладает способностью накапливаться в печени и это тенденция сохраняется для животных, выращенных в разных зонах Оренбургской области.

Способность цинка к накоплению в почках несколько ниже и составляет 0,8 отн. ед. ПДК, а в мышцах и сердце от 0,2 до 0,6 отн. ед. ПДК. Низкое содержание цинка в биосубстратах животных может привести к дефициту этого микроэлемента в организме человека, потребляющего мясо животных в пищу. Из продуктов животного происхождения цинк усваивается на 40%.

Жителям, проживающим в регионах с низким содержанием цинка в продуктах животного происхождения, рекомендуется употреблять разнообразные продукты с высоким содержанием цинка.

Медь накапливается преимущественно в почках, печени и сердце и это составляет от 0,2 до 0,6 отн. ед. ПДК. В почках животных, выращенных на востоке области, медь накапливается в большем количестве, достигая значений ПДК. Дефицит меди опасен для организма человека, так как приводит к торможению всасывания железа. При этом ухудшается деятельность сердечно – сосудистой системы и увеличивается риск развития ишемической болезни сердца (Сульдина Т.И., 2016).

В общем, наблюдается низкое содержание эссенциальных микроэлементов (цинка и меди) в биосубстратах животных, что в итоге может привести к дефициту этих элементов в организме человека.

Глава 5 Экологический статус Оренбургской области по результатам исследования содержания микроэлементов в пищевых продуктах и волосах населения

Животное и человек получают цинк из кормов, пищевых продуктов, лекарственных препаратов и пищевых добавок. Практически во всех хлебных злаках в достаточном количестве и в легкоусваиваемой форме содержится цинк, поэтому биологическая потребность организма человека в цинке полностью обеспечивается ежедневным употреблением в пищу цельнозерновых продуктов.

Благополучие биологической среды человека напрямую связывают со статусом цинка. В связи с этим, следующим этапом наших исследований являлась оценка содержания цинка в пищевых продуктах, произведенных и потребляемых на территории Оренбургской области. Медиана (Me) выборки по содержанию цинка показывает сближение результатов по всем исследуемым пищевым продуктам (таблица 6).

Видно, что среднее значение содержания цинка в пшеничном хлебе Центральной зоны составило 11,8 мг/кг, в Западной зоне – 13,3 мг/кг, а на востоке области – 25,6 мг/кг и это значительно ниже допустимого уровня равного 50 мг/кг (таблица 6). В пшеничном хлебе, производимом в Восточной зоне, среднее содержание цинка в 2 раза больше, чем в Западной и Центральной зонах.

Экспериментальные данные показывают, что среднее содержание цинка в молочных продуктах Западной зоны составляет 3,3 мг/кг, при ДУ равном 5 мг/кг. В молочных продуктах Восточной зоны среднее содержание цинка больше, чем в Центральной и Западной – в 1,2 и 1,4 раза соответственно.

Данные, представленные в таблице 6 свидетельствуют о том, что содержание цинка в мясных продуктах Центральной и Западной зон изменяется от 16 до 52,7 мг/кг и не превышает ДУ (70 мг/кг). Среднее значение содержания цинка в мясных продуктах Восточной зоны составило 43,1 мг/кг, что в 1,6 раз выше, чем в Центральной и Западной зонах. Содержание цинка в рыбных продуктах Оренбургской области составило в среднем 12,5 мг/кг.

Таблица 6 – Содержание цинка (мг/кг) в пищевых продуктах, произведенных на территории Оренбургской области

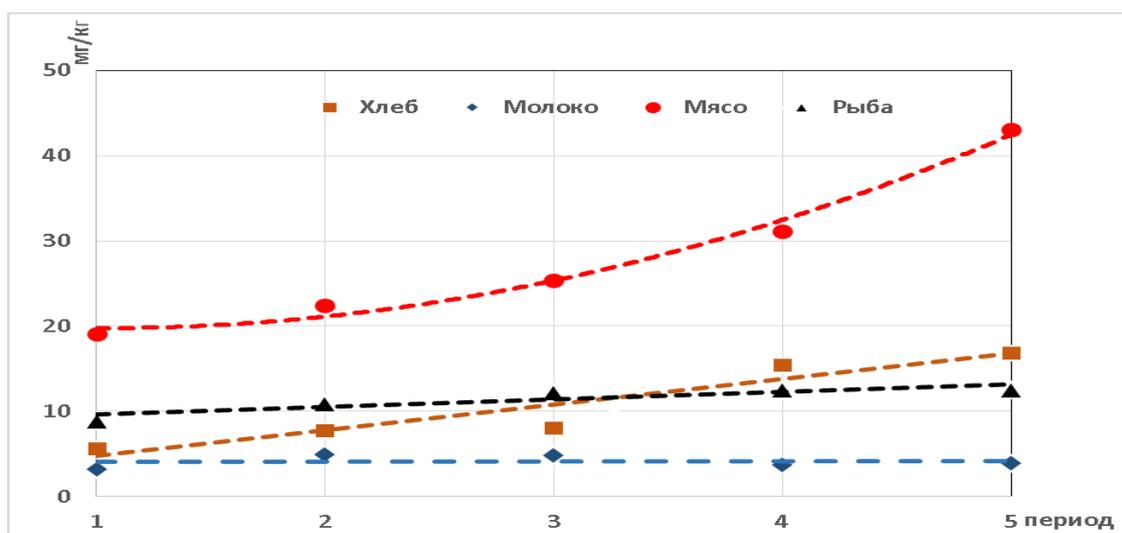
Показатель	Хлеб пшеничный			Молочные продукты			Мясные продукты			Рыбные продукты		
	З	Ц	В	З	Ц	В	З	Ц	В	З	Ц	В
Среднее (M)	13,3	11,8	25,6	3,3	3,8	4,5	27,7	27,5	43,1	12,8	12,3	12,3
Медиана (Me)	13,2	11,5	24,7	3,3	3,7	4,3	26,2	26,5	44,9	12,9	12,2	12,4
Минимум (Min)	7,9	8,0	9,9	1,5	2,1	2,6	16	16,2	18,4	9,1	9,3	9,3
Максимум (Max)	20,4	21,6	45,6	4,9	5,8	5,8	52,7	52,5	60,7	18,9	15,3	16,5
Справочные данные*	21,32			4,0			32,4			15,34		

Примечание: З – Западная зона; Ц – Центральная зона; В – Восточная зона;

* – Скурихин И. М. и др., 2002.

Недостаток цинка в пищевых продуктах Центральной и Западной зоны может привести к дефициту этого микроэлемента в организме жителей выше названных зон.

Полученные результаты сопоставили с исследованиями прошлых лет (Дунаев В.Н. и др., 2006; Фролова Е.Г., 2008) и установили, что содержание цинка в хлебе пшеничном, мясных и рыбных продуктах увеличивается с годами, не превышая ДУ. Исключение составляют молочные продукты, в которых содержание цинка меняется скачкообразно. Динамика роста содержания цинка в продуктах в течение последних 20 лет (последние данные за 2015 г получены автором) приведена на рисунке 6.



1 – период с 1998 г. по 2000 г.; 2– период с 2001 г. по 2003 г.;
 3 – период с 2004 г. по 2006 г.; 4 период с 2011 г. по 2013 г.;
 5 – период с 2013 г. по 2015 г.

Рисунок 6 – Изменение содержания цинка в продуктах в период с 1998 по 2015 г.г.

Видно, что в молочных продуктах начиная с 1998 г. по 2003 г. содержание цинка увеличивается от 3,2 до 4,9 мг/кг, а начиная с 2004 г. по 2015 г. уменьшается от 4,8 до 3,7 мг/кг.

В хлебе пшеничном с 1998 г. по 2006 г. наблюдается незначительный рост содержания микроэлемента цинка (5,63 – 8,1 мг/кг). А с 2011 года – резкое увеличение, в 1,9 раз. В рыбных продуктах содержание цинка увеличилось от 8,92 до 12,5 мг/кг, т.е. в 1,4 раза. Содержание цинка с годами увеличилось в мясных продуктах почти в 1,6 раз. Этот факт можно связать с обогащением кормов ценными компонентами.

Известно, что высокой информативностью для оценки уровня содержания микроэлементов в организме человека обладают волосы (Авцын А.П., 1991; Скальный А.В., 2004, 2011). Волосы – это легкодоступный биологический материал, сбор их прост и безболезнен (Самарриба О.Я. и др., 1998; Скальный А.В., 2003). Наиболее полно волосы отражают уровень содержания как жизненно необходимых элементов (селен, железо, цинк и т.д.), так и токсичных

(кадмий, мышьяк, свинец и т.д.). В связи с этим, важным этапом наших исследований являлось изучение микроэлементного состава волос жителей Оренбургской области. Содержание эссенциальных (цинка и меди) и токсичных (свинца и кадмия) микроэлементов в волосах обследованных лиц в возрасте от 25 до 50 лет представлено в таблицах 7 – 8. Проведенный анализ биосубстратов выявил, что содержание цинка в волосах мужчин проживающих на востоке области выше, чем в Центральной и Западной – в 1,6 и 1,3 раза, соответственно. В Западной зоне больше, чем в Центральной в 1,25 раза. Содержание цинка в волосах женщин Восточной зоны больше, чем в Центральной и Западной зонах в 1,9 и 1,5 раз, соответственно.

Таблица 7 – Содержание микроэлементов в волосах взрослых 25 – 50 лет, проживающих на территории Оренбургской области, мкг/г

Зоны Оренбургской области	Элемент (M ± SD)			
	Zn		Cu	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Западная	164 ± 5,7	171 ± 4,6 ↓	17,5 ± 1,0↑	16 ± 0,3↑
Центральная	131 ± 8,3 ↓	145 ± 7,6 ↓	17 ± 0,5↑	17 ± 0,5↑
Восточная	214 ± 1,4 ↑	254 ± 3,8 ↑	18 ± 0,3↑	18 ± 0,3↑
Значение центильных интервалов ¹ (25-75)	155 – 206		9 – 14	
Примечание: M – среднее арифметическое; SD – стандартное отклонение; ¹ – (Скальный А.В., 2003)				

Таким образом, в волосах жителей проживающих на востоке области, обнаружено повышенное содержание цинка и меди. Вероятно, это связано с промышленной деятельностью градообразующих предприятий в районах Восточной зоны области. В районах расположенных на востоке Оренбургской области необходим широкомасштабный контроль, как за качеством пищевых продуктов, так и за уровнем загрязнения биосферы вследствие эмиссии цинка и меди различными производствами.

Результаты по содержанию токсичных элементов в волосах жителей (таблица 8) показывают, что минимальные значения по кадмию и свинцу обнаружены у населения Западной и Центральной зон.

Таблица 8 – Содержание токсичных элементов в волосах взрослых 25 – 50 лет, проживающих на территории Оренбургской области, мкг/г

Зоны Оренбургской области	Элемент (M ± SD)			
	Cd		Pb	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Западная	0,09 ± 0,02	0,09 ± 0,02	1,2 ± 0,2	0,9 ± 0,2
Центральная	0,02 ± 0,002	0,02 ± 0,002	0,9 ± 0,1	0,8 ± 0,1
Восточная	0,2 ± 0,009	0,2 ± 0,008	2,7 ± 0,4	2,2 ± 0,3
Значение центильных интервалов ¹ (25-75)	0,02 – 0,12		0,38 – 1,4	
Примечание: ¹ – см. табл. 7				

Содержание кадмия и свинца в волосах жителей Восточной зоны находится на верхней границе референтных значений.

Определение референтных значений содержания химических элементов в волосах жителей различных зон Оренбургской области проводилось посредством вычисления 0,95 интервала покрытия с 0,95 доверительным интервалом для верхнего и нижнего пределов.

Анализ проводился в соответствии с рекомендациями Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) (Poulsen O.M. et al., 1997). На первом этапе производилась log-трансформация исходных с последующей оценкой верхнего и нижнего пределов 2,5-97,5-центильного интервала покрытия. Определение степени погрешности интервала (δ) производилось в каждой из групп (таблица 9). После проведения расчетов, производилась обратная log-трансформация до исходных единиц (Tamburo E. et al., 2015, 2016; Ballesteros M.T.L. et al., 2017).

Полученные референтные значения содержания цинка в волосах жителей Оренбургской области находятся ниже соответствующих всероссийских значений (134,7–301,9 мкг/г) (Skalny A.V. et al., 2015) за счет низкого содержания цинка в волосах жителей Западной и Центральной зон. В то же время, уровень цинка в волосах жителей Восточной зоны находился в пределах российских референтных значений. При этом уровень меди в волосах жителей Оренбургской области в целом соответствовал общероссийским показателям (11,8–29,2 мкг/г) (Skalny A.V. et al., 2015a). Напротив, полученные референтные значения содержания кадмия и свинца в волосах превышали соответствующие общероссийские значения (0,187–1,389 мкг/г и 0,006–0,056 мкг/г) (Skalny A.V. et al., 2015b). При этом, содержание кадмия и свинца в волосах обследуемых жителей Оренбургской области в целом согласуются с ранее полученными данными (Skalnaya M.G. et al., 2016).

Таблица 9 – Референтные значения содержания цинка, меди, свинца и кадмия в волосах жителей Оренбургской области (мкг/г), рассчитанные в соответствии с рекомендациями ИЮПАК

	Общее	Зоны Оренбургской области		
		Западная	Центральная	Восточная
Zn -волосы	92,87-187,31	54,40-185,52	31,36-179,75	211,71-276,28
Cu -волосы	14,26-18,46	13,25-38,39	10,13-28,82	15,41-21,94
Pb -волосы	0,320-3,016	0,136-3,294	0,202-3,644	0,587-4,230
Cd -волосы	0,031-0,232	0,029-0,576	0,007-0,444	0,153-0,291
δ^*	0,015	0,024	0,026	0,031
Примечание : * – степень погрешности интервала				

При сравнении полученных референтных значений с соответствующими показателями зарубежных авторов также были выявлены некоторые особенности. Уровень цинка в волосах жителей Оренбургской области существенно не отличался от такового, полученного при обследовании популяции в Швеции (Rodushkin I. et al., 2000), но был ниже соответствующих значений для Франции (Goullé J.P. et al., 2005) и Польши (Chojnacka K. et al., 2010; Mikulewicz M. et al., 2013). В то же время, референтные значения уровня меди и свинца существенно не отличались от указанных в данных исследованиях. Напротив, содержание кадмия в волосах жителей Оренбургской области превышало таковое в Швеции, Польше и Франции (Rodushkin I. et al., 2000; Goullé J.P. et al., 2005; Chojnacka K. et al., 2010; Mikulewicz M. et al., 2013).

С учетом хорошо известного факта существования различий в данных по содержанию металлов 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 и УФО. В таблицах 10 – 11 представлено ранговое соотношение территорий ПФО и УФО, находящихся на границе с Оренбургской областью, по медиане содержания химических элементов в волосах женщин и мужчин в возрасте от 25 до 50 лет. Наибольшее численное значение ранга соответствует наименьшему содержанию химического элемента. Например, ранг 1, означает повышенные содержания элементов в биосубстратах населения.

Таблица 10 – Ранговое соотношение территорий ПФО и УФО по медиане содержания в волосах женщин 25 – 50 лет (Элементный статус..... ч. 4, 2013)

Территории	Элемент			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Приволжский федеральный округ				
Республика Башкортостан	10	1	2	1
Оренбургская область	13	2	3	4
Самарская область	5	8	6	8
Саратовская область	9	11	8	9
Республика Татарстан	3	9	5	3
Уральский федеральный округ				
Челябинская область	3	1	4	4

Таким образом, высший ранг имеет минимальное численное значение (ранг 1) и соответствует наибольшему содержанию элемента, наибольшей распространенности его избытков. При этом большее численное значение ранга соответствует меньшему содержанию химического элемента и меньшей встречаемости отклонений.

Для взрослых из Республики Башкортостан, типично преобладание повышенных по отношению к средним значениям по ПФО уровней содержания в волосах химических элементов. Это касается классических экотоксикантов Pb и

Cd (ранг 1 и 2) и условно эссенциального микроэлемента Cu (ранг 1, только женщины).

В волосах женщин из Оренбургской области наблюдаются повышенные содержания Cu (22 %, ранг 2), Cd и Pb (12 %, 7 %, ранг 3, 4), максимальные для ПФО. Также среди женщин повышена частота дисбалансов Cd/Zn, Cu/Zn, что может отрицательно повлиять на состояние клеточного иммунитета, нервной системы, печени и почек (Скальный А.В., 2004).

Таблица 11 – Ранговое соотношение территорий ПФО и УФО по медиане содержания в волосах мужчин 25 – 50 лет (Элементный статус..... ч. 4, 2013)

Территории	Элемент			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Приволжский федеральный округ				
Республика Башкортостан	13	2	2	2
Оренбургская область	14	5	1	1
Самарская область	5	3	8	7
Саратовская область	12	9	5	4
Республика Татарстан	4	10	12	8
Уральский федеральный округ				
Челябинская область	3	1	4	3

В Уральском федеральном округе сосредоточена значительная часть предприятий отечественной индустрии, вклад которых в загрязнение окружающей среды особенно заметен. Это объекты черной и цветной металлургии, машиностроения, электроэнергетики, топливной промышленности, лесохимического комплекса. Регион относится к числу наиболее загрязненных в экологическом отношении территорий России (Глушкова В.Г. и др., 2016).

Элементный статус микроэлементов Zn и Cu в волосах всех возрастных групп жителей г. Челябинска, согласно исследованиям Наумовой Н.Л. и Ребезовым М.Б. (2012), находятся в пределах допустимых уровней. Однако наблюдается тенденция развития с возрастом гипозлементоза цинка (с 26,6 до 43,2 %). Риск развития гипозлементоза меди (22,1 – 25,6 %) относительно стабилен. Дефицитные состояния по Zn и Cu, вероятно указывают на недостаточность поступления этих микроэлементов с пищей и часто является следствием интоксикации организма тяжелыми металлами, в первую очередь – Hg, Pг, Cd, а также Mn и Fe.

Для мужчин, проживающих в Челябинской области, максимальны для УФО (ранг 2) показатели содержания в волосах микроэлементов Zn (39 %); для женщин также часто наблюдаются превышения верхних уровней содержания химических элементов в волосах. Челябинская область располагается на границе с Восточной зоной Оренбургской области, в волосах жителей которой обнаружены превышения референтных значений по содержанию цинка. Не исключено влияние выбросов цинкэлектrolитного завода в г. Челябинске. По – видимому, трансграничный перенос вредных веществ со стороны Челябинской области

(ЗАО «Бурибаевский ГОК») усиливает неблагоприятную экологическую напряженность.

Глава 6 Экологозависимый дефицит цинка и его влияние на качество жизни и медико-демографические показатели населения Оренбургской области

Влияние цинка на живые биосистемы широко обсуждается в научной литературе (Валиев В.С., 2011; Алексеенко В.А. и др., 2013, 2016; Мирошников С.В., 2014; De Silva J.J.R.F. et al., 2001; Outten С.Е. et al., 2001; Eide D.J., 2006; Haase Н. et al., 2009, 2014; Prasad А.С., 2012). Цинк участвует в процессах лигандообразования с органическими молекулами. Этим объясняется, широкий спектр участия цинка в различных биологических системах. Динамика формирования цинкового статуса населения области может быть представлена следующей схемой его транспортирования:

Вода ⇒ почва ⇒ пшеница ⇒ биосубстраты ⇒ человек

Биодоступность меди может корректировать усвоение большого количества потребляемого цинка (Оберлис Д. и др., 2008, 2015; Скальная М.Г. и др., 2015). В свою очередь антагонистами меди являются цинк, марганец, свинец, кадмий, стронций (Maret W. et al., 2013, Maares M. et al., 2016).

Наличие на территории России природных и антропогенных биогеохимических провинций определяет дисбаланс элементов в пищевых цепочках и, соответственно, в организме человека. Недостаток или избыток определенных микроэлементов в некоторых биогеохимических провинциях нарушает сбалансированное минеральное питание организма человека, что в дальнейшем приводит к возникновению заболеваний, которые присущи населению данной территории (Скальный А.В., 2004).

В таблице 12 представлены результаты исследования содержания эссенциальных и токсичных микроэлементов в волосах населения ПФО и жителей Оренбургской области.

Видно, что элементный статус изученных групп населения Оренбургской области в целом существенно отличается от средних показателей по ПФО. В первую очередь, у населения Оренбургской области повышен риск избытка Си во всех изученных группах, кроме мальчиков. Данный факт можно объяснить сочетанием природно-экологических факторов (добыча цветных металлов в восточных и южных регионах) и, вероятно, относительно высоким уровнем поступления этого микроэлемента с питанием.

Среди девочек и женщин из Оренбургской области в сравнении с ПФО наблюдаются повышенные содержания в волосах Cd и Pb. Также, среди женщин повышена частота дисбалансов Cd/Zn, Cu/Zn, что может отрицательно повлиять на состояние клеточного иммунитета, нервной системы, печени и почек (Скальный А.В., 2004).

Изученные группы взрослого населения отличаются низкими показателями содержания Zn в волосах. Это возможно из-за влияния социально-экономических

факторов, изменений в диете, снижения с возрастом эффективности поглощения желудочно–кишечным трактом (Russell R.M., 1992; Оберлис Д. и др., 2015). Ученые Н. Naase и L. Rink (2009) указывают на взаимосвязь между низким цинковым статусом и снижением иммунной функции у пожилых людей. Следовательно, концентрация цинка в организме может быть важным фактором для иммунологического наблюдения в старости.

Характер распределения содержания исследуемых металлов в образцах волос, подземной (питьевой) воды, почвы, пшеницы оценивался методом Шапиро-Уилка. Поскольку данные не описывались Гауссовским распределением, в качестве рабочих параметров использовались величины медианы и 25-75 перцентилей, тогда как погрупповое сравнение производилось непараметрическим U-тестом Манна-Уитни.

Таблица 12 – Содержание химических элементов (мкг/г) в волосах населения ПФО и жителей Оренбургской области

Показатель	Zn	Cu	Pb	Cd
	M ¹ ± SD ²			
Девочки (3 – 15 лет) ПФО* (n = 893)	148 ± 84	12,6 ± 10,2	1,36 ± 1,96	0,091 ± 0,15
Девочки (3 – 15 лет) Оренбургской обл. (n = 71)	162 ± 75	14,3 ± 12,9	1,52 ± 2,04	0,114 ± 0,194
Мальчики (3 – 15 лет) ПФО* (n = 663)	139 ± 63	13,2 ± 20,1	2,55 ± 15,04	0,127 ± 0,257
Мальчики (3 – 15 лет) Оренбургской обл. (n = 64)	166 ± 64	11,1 ± 2,7	1,8 ± 2,08	0,109 ± 0,118
Женщины (25 – 50 лет) ПФО* (n = 7453)	205 ± 102	15 ± 13,9	1,04 ± 14,82	0,056 ± 0,394
Женщины (25 – 50 лет) Оренбургской обл. (n = 210)	180 ± 65	16,6 ± 3,9	1,17 ± 1,73	0,097 ± 0,126
Мужчины (25 – 50 лет) ПФО* (n = 3275)	185 ± 76	12,8 ± 8,5	4,03 ± 88,43	0,182 ± 0,888
Мужчины (25 – 50 лет) Оренбургской обл. (n = 210)	163 ± 64	17 ± 6,4	1,4 ± 2,2	0,093 ± 0,123
Примечания: M – Среднее арифметическое; SD – Стандартное отклонение; * – Афтанас Л. И. и др., 2013.				

Полученные данные показывают, что уровни цинка в объектах окружающей среды (вода, почва), в продуктах растительного происхождения (пшеница) и волосах жителей существенно различаются в зонах Оренбургской области (таблица 13).

Таблица 13 – Содержание цинка в образцах объектов окружающей среды, продуктов растительного происхождения и волос жителей Оренбургской области

Объекты	Зоны Оренбургской области			1-2	1-3	2-3
	Западная (1)	Центральная (2)	Восточная (3)			
Подземные воды	1,98 (1,41-2,44)	1,31 (0,97-1,92)	4,86 (4,22-5,12)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Почва	13,80 (11,05-16,15)	9,02 (4,56-13,33)	23,78 (20,72-26,97)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Пшеница	13,20 (10,92-14,96)	19,90 (19,08-21,60)	24,68 (20,48-20,94)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Волосы	184,14 (165,54-198,60)	139,38 (77,33-202,40)	224,45 (211,63-253,45)	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Данные представлены в виде медиан и соответствующих величин 25 – 75 перцентилей, групповой анализ проводился с использованием U-теста Манна-Уитни.

Видно, что концентрация цинка в подземных водах восточной части Оренбургской области превышает соответствующие значения для Западной и Центральной зон более чем в 2 ($p < 0,001$) и 3 раза ($p < 0,001$). В то же время содержание цинка в подземных водах на западе области выше на 51 % , по сравнению с Центральной ($p < 0,001$). Аналогичные тенденции выявлены в содержании цинка в почве. В частности, содержание цинка в почве Восточной зоны на 72 % выше, чем в Западной ($p < 0,001$). Содержание цинка в почве Западной зоны выше на 53 % по сравнению с Центральной ($p < 0,001$).

Содержание цинка в пшенице из Центральной и Восточной зон превышает значения Западной зоны на 50 % ($p < 0,001$) и 87 % ($p < 0,001$) соответственно.

Распределение уровней содержания цинка в волосах аналогично распределениям содержания цинка в воде и почве. В частности, содержание цинка в волосах жителей Западной и Восточной зон региона превышают соответствующие значения для Центральной зоны на 32 % ($p < 0,001$) и 61 % ($p < 0,001$). В волосах жителей восточной части, содержание цинка на 21 % ($p = 0,001$) выше, чем в западной части. Содержание меди в образцах окружающей среды и волосах жителей имеет сходные закономерности с цинком, хотя разница между зонами существенная (таблица 14).

Концентрация меди в подземных водах Восточной зоны максимальна и превышает полученные значения для Западной и Центральной зон в 17 раз ($p < 0,001$) и 19 раз ($p < 0,001$). В воде Западной зоны концентрация меди выше на 10 %, по сравнению с Центральной ($p = 0,003$).

В почвах Восточной зоны содержание меди превышает соответствующие значения Западной и Центральной зон в 4,1 раза ($p < 0,001$) и 5,4 раза ($p < 0,001$) соответственно. В свою очередь, уровень меди в почве Западной зоны на 30 % выше, чем в Центральной ($p < 0,001$).

Уровни меди в пшенице, выращенной на востоке области, выше на 13 % ($p < 0,001$) и 6 % ($p < 0,001$) по сравнению с Западной и Центральной зонами.

Содержание меди в пшенице Центральной зоны, превышает уровни Западной на 5 % ($p = 0,004$).

Таблица 14 – Содержание меди в образцах объектов окружающей среды, продуктов растительного происхождения и волос жителей Оренбургской области

Объекты	Зоны Оренбургской области			1-2	1-3	2-3
	Западная (1)	Центральная (2)	Восточная (3)			
Подземные воды	0,057 (0,032-0,100)	0,052 (0,007-0,083)	0,965 (0,930-1,095)	0,003	< 0,001	< 0,001
Почва	0,630 (0,333-0,857)	0,482 (0,368-0,622)	2,604 (1,902-3,080)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Пшеница	4,248 (3,403-5,039)	4,525 (4,021-5,239)	4,822 (4,233-5,497)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Волосы	14,944 (13,761-16,708)	16,423 (14,3112-17,829)	17,875 (16,364-18,975)	0,016	< 0,001	< 0,001

Данные представлены в виде медиан и соответствующих величин 25 – 75 перцентилей, групповой анализ проводился с использованием U-теста Манна-Уитни.

В волосах жителей разных зон Оренбургской области содержание меди распределено аналогично содержанию меди в пшенице. В частности, уровни меди в волосах жителей Центральной и Восточной зон выше, чем в Западной зоне на 10 % ($p = 0,016$) и 20 % ($p < 0,001$) соответственно.

Экспериментальные данные по содержанию токсичного элемента, свинца, в объектах окружающей среды (вода, почва), в продуктах растительного происхождения (пшеница) и волосах жителей представлены в таблице 15.

Видно, что в подземных водах Восточной зоны концентрация свинца, превышает соответствующие значения Западной и Центральной зон в 1,2 ($p < 0,001$) и 1,3 раза ($p < 0,001$).

Содержание свинца в почве районов Восточной зоны превышает значения из Центральной зоны в 1,3 раза ($p = 0,001$).

Таблица 15 – Содержание свинца в образцах объектов окружающей среды, продуктов растительного происхождения и волос жителей Оренбургской области

Объекты	Зоны Оренбургской области			1-2	1-3	2-3
	Западная (1)	Центральная (2)	Восточная (3)			
Подземные воды	0,020 (0,012-0,025)	0,018 (0,012-0,024)	0,024 (0,020-0,031)	0,079	< 0,001	< 0,001
Почва	2,622 (1,773-4,903)	2,184 (1,637-2,997)	2,752 (2,029-3,689)	< 0,001	0,446	0,001
Пшеница	0,286 (0,212-1,729)	0,238 (0,193-0,272)	0,264 (0,222-0,313)	< 0,001	0,046	< 0,001
Волосы	0,279 (0,238-0,515)	0,416 (0,267-0,892)	0,609 (0,491-5,180)	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Данные представлены в виде медиан и соответствующих величин 25 – 75 перцентилей, групповой анализ проводился с использованием U-теста Манна-Уитни.

В свою очередь, в почвах Западной зоны уровень свинца выше, чем в Центральной в 1,2 раза ($p < 0,001$). Аналогичная тенденция выявлена по содержанию свинца в пшенице различных зон области. В волосах жителей Восточной зоны содержание свинца максимально и превышает уровень Западной и Центральной в 2,2 раза ($p < 0,001$) и в 1,5 раза ($p < 0,001$) соответственно.

Представленные данные показывают, что содержание токсичного элемента кадмия в объектах окружающей среды (вода, почва), в продуктах растительного происхождения (пшеница) и волосах жителей существенно не различается в разных зонах Оренбургской области (таблица 16).

Концентрация кадмия в подземных водах Западной и Центральной зон одинакова. Уровни кадмия в почве Западной зоны превышают соответствующие значения Центральной и Восточной зон в 1,4 раза ($p < 0,001$) и 1,7 раза ($p < 0,001$) соответственно. В почвах Центральной зоны содержание кадмия выше, чем на Восточной в 1,2 раза ($p = 0,199$). В подземных водах и пшенице Восточной зоны кадмия не обнаружено. Содержание кадмия в пшенице, выращенной в Западной зоне выше, чем в Центральной в 3 раза ($p < 0,001$). В волосах жителей Восточной зоны уровень кадмия превышает значения Центральной зоны почти в 2 раза ($p < 0,001$). В свою очередь, уровень кадмия в волосах населения Западной зоны выше, чем в Центральной в 1,9 раза ($p < 0,001$).

Таблица 16 – Содержание кадмия в образцах объектов окружающей среды, продуктов растительного происхождения и волос жителей Оренбургской области

Объекты	Зоны Оренбургской области			1-2	1-3	2-3
	Западная (1)	Центральная (2)	Восточная (3)			
Подземные воды	0,001 (0,000-0,001)	0,001 (0,001-0,003)	0,000 (0,000-0,001)	< 0,001	0,047	< 0,001
Почва	0,093 (0,075-0,120)	0,068 (0,025-0,132)	0,056 (0,029-0,096)	< 0,001	< 0,001	0,199
Пшеница	0,009 (0,003-0,011)	0,003 (0,000-0,005)	0,000 (0,000-0,000)	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Волосы	0,198 (0,165-0,342)	0,105 (0,018-0,187)	0,205 (0,176-0,279)	< 0,001	0,564	< 0,001

Данные представлены в виде медиан и соответствующих величин 25 – 75 перцентилей, групповой анализ проводился с использованием U-теста Манна-Уитни

Корреляционный и регрессионный анализ проводился с использованием средних данных о содержании металлов в волосах, объектах окружающей среды и продуктах растительного происхождения для каждого из районов Оренбургской области.

Корреляционный анализ показал, что уровни цинка в волосах положительно коррелируют с содержанием цинка в воде ($r = 0,754$, $p < 0,001$) и почве ($r = 0,686$, $p < 0,001$), но не с уровнями цинка в пшенице. В свою очередь, содержание цинка в пшенице связано с уровнями в почве ($r = 0,366$, $p = 0,030$) и воде ($r = 0,492$; $p = 0,003$), хотя корреляция довольно слабая. В случае меди значительная прямая корреляция наблюдалась только между содержанием меди в почве и воде

($r = 0,769$; $p \leq 0,001$). Все остальные ассоциации не были значительными. Результаты исследований подтверждают отсутствие корреляционных зависимостей между содержанием свинца и кадмия в различных средах.

Для оценки вклада содержания четырех металлов в микроэлементный статус волос населения Оренбургской области был использован множественный регрессионный анализ. В частности, в качестве зависимого параметра использовалось содержание металла в волосах населения, тогда как в качестве независимых предикторов – уровень соответствующего металла в образцах окружающей среды (вода, почва) и продуктах растительного происхождения (пшеница). Для каждого из металлов построена регрессионная модель с определением достоверности (p), а также $\text{adjusted } R^2$, свидетельствующего о предикторной способности модели. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Регрессионный анализ взаимосвязи между содержанием металлов в волосах населения и в объектах окружающей среды

Объект	Zn		Cu		Pb		Cd	
	β	p	β	p	β	p	β	p
Water	0,684	0,005	0,063	0,819	0,145	0,416	-0,244	0,174
Soil	0,161	0,454	-0,038	0,888	-0,137	0,455	-0,054	0,757
Wheat	-0,130	0,333	0,262	0,157	0,170	0,352	0,293	0,101
Multiple R	0,769		0,272		0,254		0,357	
Multiple R^2	0,591		0,074		0,064		0,127	
Adjusted R^2	0,552		0,016		0,026		0,040	
p	< 0,001		0,490		0,553		0,245	

Примечание: Water – вода; Soil – почва; Wheat – пшеница; Multiple R – коэффициент множественной корреляции; Multiple R^2 – коэффициент определения; Adjusted R^2 – коэффициент детерминации

Наиболее значимое влияние факторов окружающей среды отмечено в отношении цинкового статуса в волосах. В частности, модель, включающая содержание цинка в питьевой воде, почве и пшенице, определяла 55 % вариабельности уровня цинка в волосах населения Оренбургской области. При этом, наиболее значимым детерминантом являлась концентрация цинка в питьевой воде.

Далее провели корреляционно–регрессионный анализ между содержанием металлов в образцах волос жителей Оренбургской области и объектах окружающей среды с общей заболеваемостью отдельными классами заболеваний с доказанной ролью факторов окружающей среды. Результаты показывают, что наблюдается прямая корреляционная связь между уровнями меди в волосах и новообразованиями ($r = 0,371$; $p = 0,031$), а также болезнями крови ($r = 0,500$; $p = 0,003$). Повышенные уровни кадмия в волосах приводят к болезням крови ($r = 0,341$; $p = 0,048$).

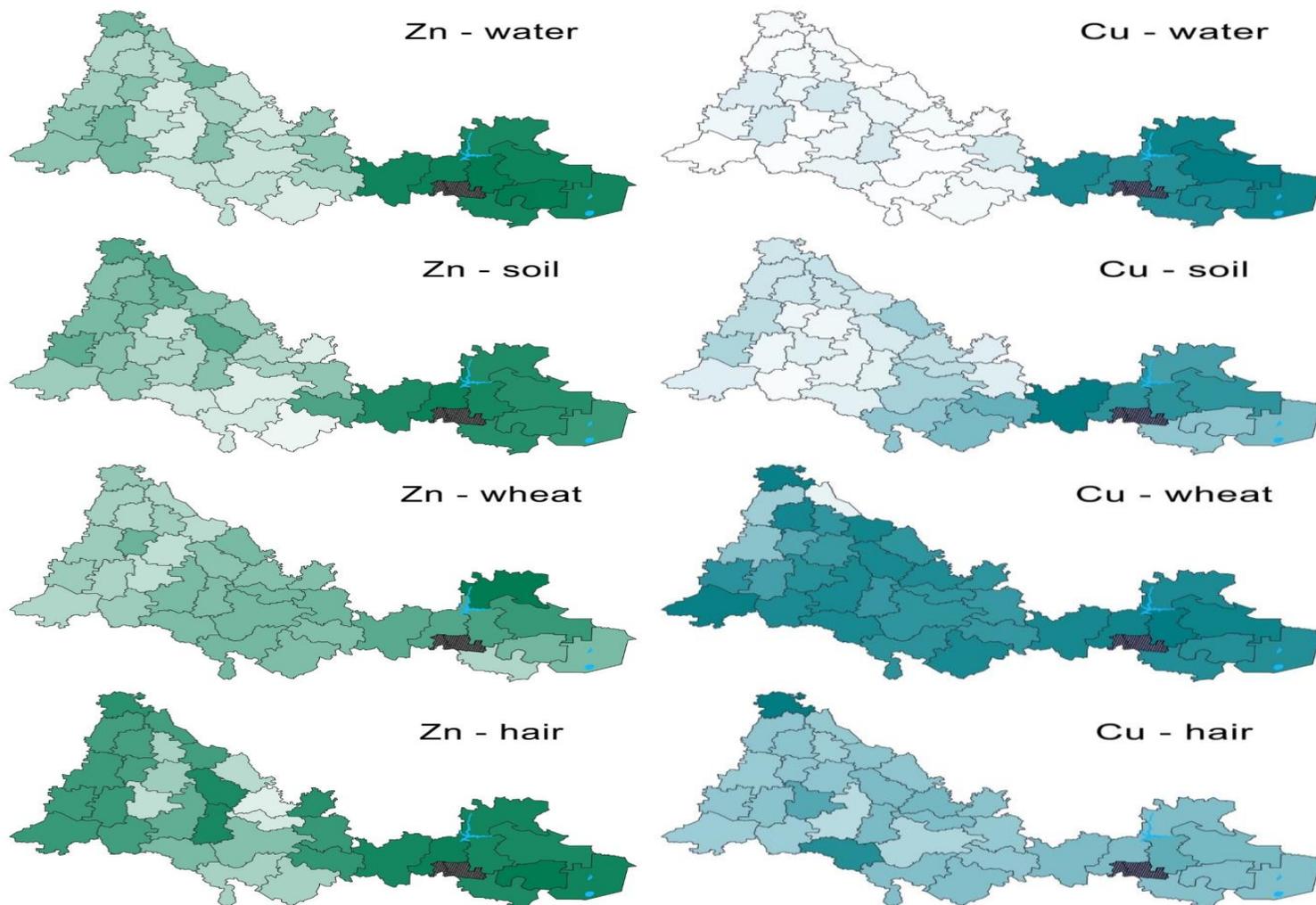
Из таблицы 18 видно, что наблюдается прямая корреляционная связь между содержанием свинца в пшенице и врожденными пороками ($r = 0,416$; $p=0,015$), а также свинца в почвах и болезнями эндокринной системы ($r = 0,409$; $p=0,016$).

Таблица 18 – Корреляция между содержанием металлов в образцах волос жителей Оренбургской области и объектах окружающей среды с общей заболеваемостью отдельными классами заболеваний с доказанной ролью факторов окружающей среды*

Группа нозологий	Новообращивания	Болезни крови	Болезни эндокринной системы	Болезни нервной системы	Болезни системы кровообращения	Болезни системы дыхания	Врожденные пороки
Zn-волосы	0,126	0,121	-0,072	0,051	-0,228	0,096	0,305
Cu-волосы	0,371; p=0,031	0,500; p=0,003	0,031	0,077	0,113	-0,137	0,064
Pb-волосы	0,011	0,038	-0,153	-0,248	-0,162	0,151	0,049
Cd-волосы	0,229	0,341; p=0,048	0,057	-0,161	-0,143	0,104	0,242
Zn-вода	0,063	-0,044	-0,161	0,069	-0,227	0,156	0,223
Cu-вода	-0,025	-0,086	-0,196	0,042	-0,267	0,145	0,177
Pb-вода	0,165	-0,025	-0,227	0,212	-0,201	0,078	-0,004
Cd-вода	-0,101	-0,075	-0,025	0,247	0,051	0,231	-0,245
Zn-пшеница	0,002	-0,016	0,026	0,190	-0,015	-0,106	0,102
Cu-пшеница	0,199	0,192	0,128	-0,045	-0,017	-0,065	0,177
Pb-пшеница	0,001	0,056	0,079	-0,105	0,099	0,257	0,416; p=0,015
Cd-пшеница	0,050	0,226	-0,119	-0,095	-0,053	-0,111	-0,145
Zn-почва	-0,073	-0,031	-0,183	-0,055	-0,235	0,104	0,220
Cu-почва	-0,112	-0,094	0,044	0,253	0,012	-0,052	0,222
Pb-почва	-0,198	0,147	0,409; p=0,016	0,015	0,154	0,025	0,318
Cd-почва	-0,158	0,138	-0,184	-0,135	-0,126	0,015	0,082

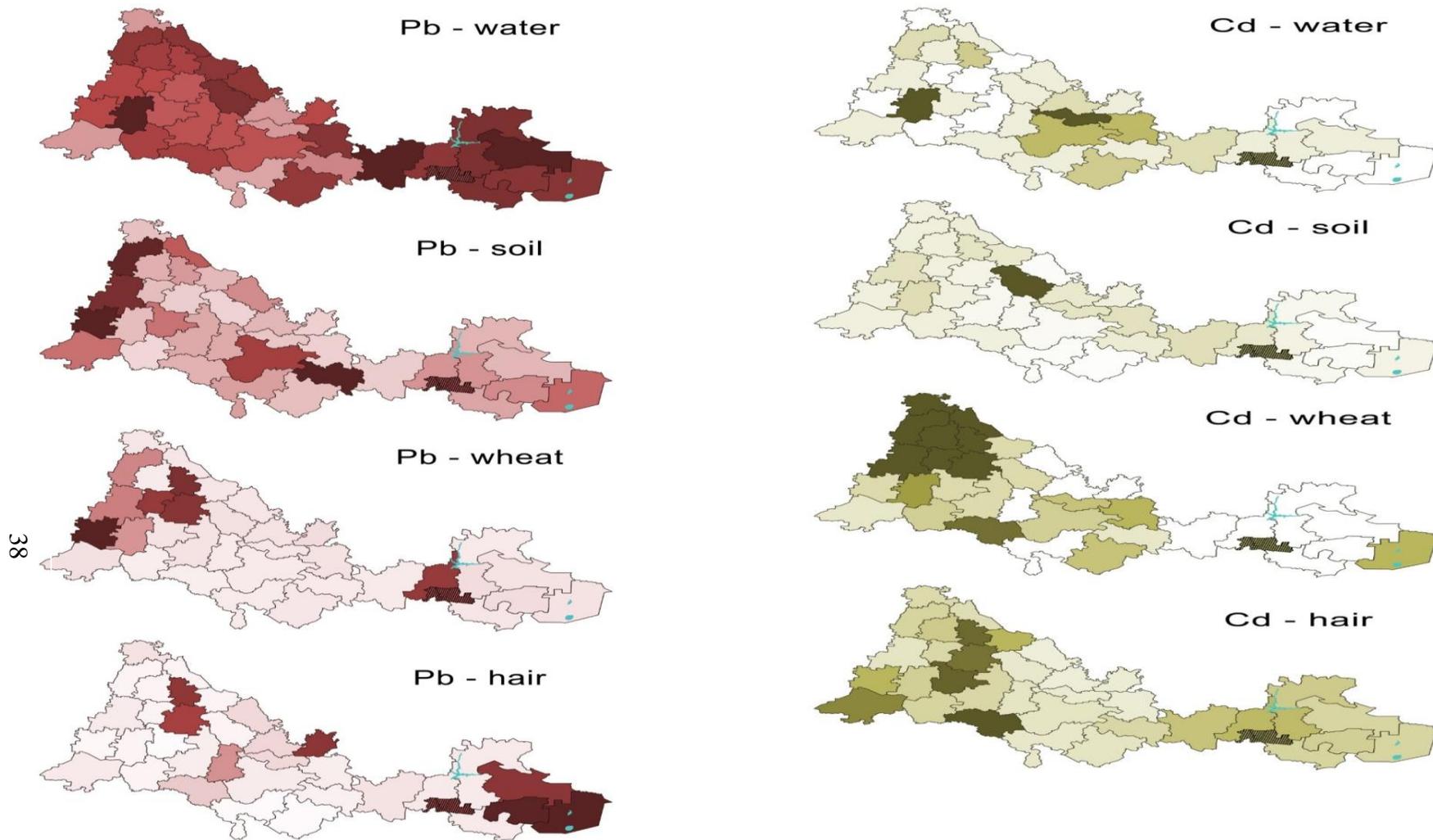
* Данные представлены в виде коэффициента корреляции r и значений p для достоверных взаимосвязей

По полученным результатам проведено картографирование Оренбургской области по содержанию цинка, меди, свинца и кадмия в объектах окружающей среды, продуктах растительного происхождения и волосах жителей (рисунки 7 – 8). При составлении графического изображения, максимальное среднее значение величины среди районов Оренбургской области было принято за 100 % (100 % интенсивность цвета). Исходя из абсолютных значений, рассчитывали интенсивность окрашивания районов с меньшими значениями показателя.



Water – вода; Soil – почва; Wheat – пшеница; Hair – волосы

Рисунок 7 - Картографирование Оренбургской области по содержанию эссенциальных микроэлементов (цинка и меди) в объектах окружающей среды, продуктах растительного происхождения и волосах жителей



Water – вода; Soil – почва; Wheat – пшеница; Hair – волосы

Рисунок 8 – Картографирование Оренбургской области по содержанию токсичных элементов (свинца и кадмия) в объектах окружающей среды, продуктах растительного происхождения и волосах жителей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С развитием промышленности и появлением новых технологий на население неизбежно увеличивается два типа воздействия: техногенная нагрузка, источниками которой являются промышленные предприятия, и дополнительное геохимическое воздействие, осложненное зачастую ухудшением биологической среды. Это приводит к возникновению заболеваний, в основе которых лежит избыток, дефицит или дисбаланс микроэлементов в организме. Улучшению медико-демографических показателей повышения качества жизни людей способствует коррекция элементного статуса населения, которая проводится с использованием пищевых продуктов, в том числе обогащенных микроэлементами.

У обследованных жителей Оренбургской области, проживающих на востоке, выявлено превышение референтных значений по содержанию цинка и меди в волосах, что свидетельствует о более высокой обеспеченности их этими жизненно важными микроэлементами. Содержание меди, свинца и кадмия в волосах жителей районов Центральной и Западной зоны не выходит за пределы референтных значений. Различия в элементном статусе (повышенным обеспечением цинка, в первую очередь) проявляются в уровнях заболеваемости и особенностях демографических показателей в Восточной зоне Оренбургской области.

Можно рекомендовать, используя опыт ряда государств (Финляндия, Китай, Индия), пищевые продукты с избыточным содержанием цинка (молоко, мясо), произведенных хозяйствами районов Восточной зоны Оренбургской области, «экспортировать» в бедные цинком районы Западной и Центральной зон для профилактического и восстановительного лечения при сахарном диабете, инфекционных и иммунодефицитных заболеваниях, новообразованиях.

Для сохранения здоровья населения необходимо контролировать уровень элементного статуса населения Оренбургской области как в Восточной зоне, где уже наблюдается дисбаланс микроэлементов, так и в районах Западной и Центральной зон области, в которых наблюдается недостаток эссенциальных элементов.

ВЫВОДЫ

1. Составлена зональная картограмма по уровню распределения эссенциальных (цинк и медь) и токсичных (свинец и кадмий) микроэлементов в почвах Оренбургской области, позволившая выявить территории экологического риска развития цинкзависимых заболеваний у человека и животных. Установлено, что содержание подвижных форм эссенциальных металлов в почвах при средних значениях 15,4 мг/кг Zn и 1,5 мг/кг Cu распределяется крайне неоднородно: содержание цинка изменяется в пределах от 1,9 до 31,2 мг/кг (в 16 раз) и меди от 0,1 до 4,5 мг/кг (в 45 раз). Выявлены административные районы области, в пределах которых содержание цинка и меди в почве колеблется в наибольшей степени по отношению к средним значениям (Адамовский и Ясненский в 1,5 раза;

Кваркенский, Кувандыкский и Новоорский в 1,6 раза; Гайский в 1,7 раз).

2. Установлено, что две зоны Оренбургской области из трех относятся к цинкдефицитным биогеохимическим провинциям по содержанию его в почвах (Западная – 0,6 от ПДК и Центральная – 0,40 от ПДК) с выраженным дисбалансом антагонистов меди, кадмия и свинца. В почвах Восточной зоны количество цинка находится в пределах ПДК. Этот фактор «наследуется» пищевыми продуктами. В пшенице, выращенной в Западной, Центральной и Восточной зонах, соответственно, количество цинка составляет 0,26; 0,36 и 0,48 от ПДК.

3. Результаты изучения содержания микроэлементов в биосубстратах животных, показали, что цинк обладает способностью накапливаться в печени и эта тенденция сохраняется для животных, выращенных в разных зонах Оренбургской области. Способность цинка к накоплению в почках несколько ниже и составляет 0,8 относ. един. ПДК, а в мышцах и сердце от 0,2 до 0,6 относ. един. ПДК. Медь накапливается преимущественно в почках, печени и сердце и это составляет от 0,2 до 0,6 относ. един. ПДК. В почках животных, выращенных на востоке области, этот показатель приближается к ПДК.

4. Уровни содержания цинка в волосах положительно коррелируют с содержанием цинка в воде ($r = 0,754$, $p < 0,001$) и в почве ($r = 0,686$, $p < 0,001$), но не с уровнями содержания цинка в пшенице. В свою очередь, уровни цинка в пшенице прямо связаны с уровнями его в почве ($r = 0,366$, $p = 0,030$) и в воде ($r = 0,492$; $p = 0,003$), хотя корреляция довольно слабая. В случае меди значительная прямая корреляция наблюдалась только между содержанием меди в почве и воде ($r = 0,769$; $p \leq 0,001$). Все остальные ассоциации не были значительными.

5. Выявлено, что у населения Оренбургской области повышен риск избытка Cu во всех изученных группах, кроме мальчиков. Данный факт можно объяснить сочетанием природно-экологических факторов (добыча цветных металлов в восточных и южных регионах) и, вероятно, относительно высоким уровнем поступления этого микроэлемента с питанием.

6. Обнаружено, что референтные значения содержания цинка в волосах жителей Оренбургской области находятся ниже соответствующих всероссийских значений (134,7–301,9 мкг/г) (Skalny A.V. et al., 2015) за счет низкого содержания цинка в волосах жителей Западной и Центральной зон. Уровень цинка в волосах жителей Восточной зоны находился в пределах российских референтных значений. При этом уровень меди в волосах жителей Оренбургской области в целом соответствует общероссийским показателям (11,8–29,2 мкг/г) (Skalny A.V. et al., 2015a). Напротив, референтные значения содержания кадмия и свинца в волосах превышают соответствующие общероссийские значения (0,187–1,389 мкг/г и 0,006–0,056 мкг/г) (Skalny A.V. et al., 2015b), что согласуется с ранее полученными данными (Skalnaya M.G. et al., 2016).

7. Показано, что элементный статус изученных групп населения Оренбургской области в целом существенно отличается от средних показателей по ПФО. В волосах женщин Оренбургской области наблюдаются содержания микроэлементов, превышающие ПФО: Cu (31 %), Cd и Pb (23 % и 17 %) и

повышена частота дисбалансов Cd/Zn, Cu/Zn. Среди мужского населения области отмечен дефицит Zn (34 %).

8. Система экологического мониторинга обеспеченности населения цинком (на примере Оренбургской области) позволяет моделировать экологические риски развития цинк – ассоциированных заболеваний и возможные причинно – следственные связи, осуществлять контроль и предупреждение цинк зависимых заболеваний.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

Монография

Сальникова, Е.В. Тяжелые металлы в биогеоценозах, биоремедиации и здоровье населения / Е.В. Сальникова, А.Н. Сизенцов, А.В. Скальный / Под редакцией Черкасова С.В. // Оренбург, 2018. – 195 с. – ISBN 978-5-7410-2140-8.

Патент

Патент RU 2635103. Галактионова Л. В., Лебедев С.В., Гавриш И.А., **Сальникова Е.В.**, Осипова Е.А., Сизова Е.А. Средство стимулирования роста сельскохозяйственных культур, преимущественно пшеницы. Патентообладатель: ФГБНУ Всероссийский НИИ мясного скотоводства. Дата подачи заявки: 21.11.2016. Опубликовано: 09.11.2017 Бюл. № 31. – 7 с.

Статьи в научной периодике, индексируемой иностранными организациями (Web of Science, Scopus) :

1. Copper and zinc levels in soil, water, wheat, and hair of inhabitants of three areas of the Orenburg region, Russia / **E.V. Salnikova**, T.I. Burtseva, M.G. Skalnaya, A.V. Skalny, A.A. Tinkov / Environmental Research. – 2018. – Vol. 166. – P. 158 – 166.
2. Interactive effects of age and gender on levels of toxic and potentially toxic metals in children hair in different urban environments / A.V. Skalny, M.G. Skalnaya, A.R. Grabeklis, **A.V. Salnikova** [et al.] // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. – 2018. – 98 : 6. – P. 520 – 535. – Published online: 07 Jun 2018. – P. 1 – 16.
3. Ecological-geochemical characteristics of lead levels in the environment and human biosubstrates of residents of the Orenburg region / **E. V. Salnikova**, T.I. Burtseva, A.N. Sizentsov, T.F. Tarasova [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2018. – Vol. 35, № 4. – P. 200 – 202.

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

4. Оценка содержания тяжёлых металлов в зерновых культурах Оренбургской области / С.В. Лебедев, **Е.В. Сальникова**, Г.Б. Родионова, Е.А. Кудрявцева // Вестник ОГУ. – 2011. – № 12 (131). – С. 407 – 409.

5. Демидов, В.А. Обоснование необходимости учёта региональных биогеохимических особенностей при проведении мероприятий по восстановлению здоровья населения / В.А. Демидов, В.Ю. Детков, **Е.В. Сальникова** // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 5. – С. 2 – 5.
6. Перспективы фиторемедиации почвенного покрова урбанизированных территорий (на примере г. Оренбурга) / Л.В. Анилова, **Е.В. Сальникова**, О.В. Примак [и др.] // Вестник ОГУ. – 2012. – № 6 (142). – С. 82 – 85.
7. Экологическая оценка содержания цинка в экосистеме (почва, вода, продукты питания) на территории Оренбургской области / **Е.В. Сальникова**, Т.И. Бурцева, Е.А. Кудрявцева, А.С. Кустова // Вестник ОГУ, 2012. – № 6 (142). – С. 184 – 187.
8. Экологическая оценка содержания цинка в экосистеме на территории Оренбургской области / Е.А. Кудрявцева, **Е.В. Сальникова**, С.Н. Кузьмин, А.С. Кустова [и др.] // Вестник ОГУ. – 2012. – № 10 (146). – С.153 – 155.
9. **Сальникова, Е.В.** Цинк – эссенциальный микроэлемент (обзор) / Е.В. Сальникова // Вестник ОГУ. – 2012. – № 10 (146). – С. 170 – 172.
10. Тяжелые металлы в цепи «корм – животное – человек» на примере Оренбургской области / **Е.В. Сальникова**, А. М. Мирошников, Е.А. Осипова [и др.] // Вестник ОГУ. – 2013. – № 6 (155). – С. 10 – 12.
11. Влияние поступления микроэлементов из биосферы на элементный статус человека / **Е.В. Сальникова**, Е.А. Осипова, А.В. Скальный [и др.] // Вестник ОГУ. – 2013. – № 10 (159). – С. 21 – 24.
12. **Сальникова, Е.В.** Сравнительная оценка содержания цинка в питьевых водах и почвах Оренбургской области / Е.В. Сальникова, Е.А. Осипова, Н.В. Заболотная // Вестник ОГУ. – 2014. – № 6 (167). – С. 155 – 157.
13. Лебедев, С. В. Изменение количества макроэлементов в пшенице под действием различных форм железа с гуминовыми кислотами / С. В. Лебедев, Е. А. Осипова, **Е.В. Сальникова** // Вестник ОГУ. – 2015. – № 6 (181). – С. 73 – 77.
14. **Сальникова, Е.В.** Экологическая оценка распределения цинка на территории Оренбургской области / Е.В. Сальникова, Е.А. Осипова // Вестник ОГУ. – 2015. – № 10 (185). – С. 312 – 315.
15. **Сальникова, Е.В.** Аккумуляция эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в волосах жителей России / Е.В. Сальникова, В.Ю. Детков, А.В. Скальный // Микроэлементы в медицине. – 2016. – Т. 17. Вып. 2. – С. 24 – 31.
16. **Сальникова, Е.В.** Экологические проблемы и их влияние на здоровье населения (обзор) / Е.В. Сальникова // Микроэлементы в медицине. – 2016. – Т. 17. Вып. 3. – С.14 – 18.
17. **Сальникова, Е.В.** Потребность человека в цинке и его источники (обзор) / Е.В. Сальникова // Микроэлементы в медицине. – 2016. – Т. 17. Вып. 4. – С.11–15.
18. **Сальникова, Е.В.** Оценка загрязненности Оренбургской области свинцом и кадмием и перспективы использования пробиотиков для снижения ксенобиотической нагрузки / **Е.В. Сальникова**, А.Н. Сизенцов // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5.

Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25188>

19. Сизенцов, А.Н. Оценка эффективности применения пробиотических штаммов микроорганизмов при интоксикации кадмием с учетом ксенобиотической нагрузки различных районов Оренбургской области / А.Н. Сизенцов, **Е.В. Сальникова** // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 6.

Режим доступа: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25464>

20. Физико – химические методы исследования в анализе объектов окружающей среды (обзор) / **Е.В. Сальникова**, А.В. Скальный, Е.А. Осипова, Т.И. Бурцева // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2016. – № 8. – С. 32 – 36.

21. Изучение взаимосвязи биоаккумуляции цинка в продуктах питания и организме человека на территории Оренбургской области / А.В. Скальный, **Е.В. Сальникова**, О.В. Кван [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2016. – № 10 (198). – С. 79 – 81.

22. **Сальникова, Е.В.** Показатели качества подземных вод Оренбургской области / Е.В. Сальникова, О.В. Кван, А.Н. Сизенцов // Микроэлементы в медицине. – 2017. – Т. 18. Вып. 1. – С. 52 – 56.

23. **Сальникова, Е.В.** Эколого-геохимические характеристики содержания кадмия в Оренбургской области и возможность их коррекции пробиотическими препаратами / Е.В. Сальникова, А. Н. Сизенцов. О. В. Кван, В. И. Сальникова, Я.А. Сизенцов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2018. – Т. 21, № 7. – С. 53 – 57.

Внедрение в практику:

1. **Сальникова, Е.В.** Методы концентрирования и разделения микроэлементов : учебное пособие / Е.В. Сальникова, Е.А. Кудрявцева. – М. : ООО «ТиРу», 2012. – 221 с. – ISBN 978-5-93883-215-2.

2. Токсикологическая химия : учебное пособие / **Е.В. Сальникова**, Е.А. Кудрявцева, С.В. Лебедев, М.Г. Скальная. – Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2012. – 229 с. – ISBN 978-5-4417-0100-6.

Статьи и сообщения в научных журналах и сборниках:

1. Содержание тяжёлых металлов в кормовых культурах Оренбургской области / С.В. Лебедев, Г.Б. Родионова, **Е.В. Сальникова**, Е.А. Кудрявцева // Международное научное издание. Современные фундаментальные и прикладные исследования, 2011. – № 3. – С. 54 – 57.

2. **Сальникова, Е.В.** Количественное определение содержания подвижных форм тяжёлых металлов в образцах почв парковой зоны г. Оренбурга атомно–абсорбционным методом / Е.В. Сальникова, Л.В. Анилова, Ю.С. Мальцева // Международное научное издание. Современные фундаментальные и прикладные исследования, 2012. – № 3 – 6. – С. 78 –80.

3. Экологическая оценка содержания тяжёлых металлов в экосистеме (почва, растения, человек) в некоторых районах Оренбургской области / Е.А. Кудрявцева,

- Е.В. Сальникова**, С.Н. Кузьмин, А.С. Кустова // Инновационные процессы в области химико – педагогического и естественнонаучного образования : материалы II Всероссийской научно – практической конференции 15 – 16 ноября 2012 г. / Оренбург: изд – во ОГПУ, 2012. – С. 164 – 166.
4. Содержание тяжёлых металлов в почвах и растениях парковой зоны г. Оренбурга / **Е.В. Сальникова**, Ю.С. Мальцева, О.В. Примак [и др.] // Инновационные процессы в области химико – педагогического и естественнонаучного образования : материалы II Всероссийской научно-практической конференции 15–16 ноября 2012 г. / Оренбург: изд–во ОГПУ, 2012. – С. 243 – 245.
5. Аккумуляция тяжёлых металлов и микроэлементов в волосах населения Оренбургской области / А.В. Скальный, **Е.В. Сальникова**, Е.А. Кудрявцева, А.С. Кустова // Микроэлементы в медицине, 2012. – Т.13, № 4. – С. 42 – 45.
6. Демидов, В.А. Биогеохимические особенности регионов и их влияние на восстановление здоровья населения / В.А. Демидов, В.Ю. Детков, **Е.В. Сальникова** // Галицький лікарський вісник. Мат. междунар. конф. «Бабенківські читання», 2011. – Т. 18, № 4. – С. 132–134.
7. Использование некоторых представителей флоры г. Оренбурга в качестве биоиндикаторов техногенного загрязнения / **Е.В. Сальникова**, Л.В. Анилова, Ю.С. Мальцева, О.В. Примак // Эколого-географические проблемы регионов России : материалы IV Всерос. науч.–практ. конф., посвящ. 130 –летию со дня рождения первого зав. каф. географии ПГСГА, проф. К.В. Полякова. 15 января 2013 г./ Самара, ПГСГА, 2012. – С. 215–218.
8. Скальный, А.В. Методы разделения и концентрирования в анализе объектов окружающей среды : науч.-метод. пособие / А.В. Скальный, **Е.В. Сальникова**, Е.А. Кудрявцева. – Оренбург : ООО ИПК «Университет», 2012. – 189 с. – ISBN 978-5-4417-0082-5.
9. **Сальникова, Е.В.** Определение содержания микроэлементов в питьевых водах Оренбургской области / **Е.В. Сальникова**, Д.Т. Дошарова, О.Ю. Щетинина // Инновации в науке, производстве и образовании : материалы Междунар. науч.–практ. конф., РГУ им. С.А. Есенина 14 – 16 октября 2013. / Рязань, Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина, 2013. – С. 246–250.
10. **Сальникова, Е.В.** Тяжелые металлы в биосубстратах животных, выращенных на территории Оренбургской области / **Сальникова Е.В.**, Е.А. Осипова, И. Р. Кудакаев // Международное научное издание. Современные фундаментальные и прикладные исследования, 2013. – № 3 (10). – С. 9 – 11.
11. Дошарова, Д.Т. Определение содержания тяжелых металлов в различных районах г. Оренбурга / Д.Т. Дошарова, **Е.В. Сальникова** // Materialy IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Wykształcenie i nauka bez granic – 2013» 07 – 15 grudnia 2013 roku. Volume 40. Ekologia. : Przemysl. Nauka i studia.– str. 55 – 58.
12. Тарасова, В.Е. Оценка экологического состояния почвенного покрова на территориях Оренбургского Предуралья / В.Е. Тарасова, **Е.В. Сальникова** // Евразийский союз ученых, 2015. – № 4 – 13 (13). – С. 118 – 120.

13. Содержание эссенциального элемента цинка в питьевых водах Центрального Оренбуржья / А. Н. Киреева, **Е. В. Сальникова**, А.А. Осипов, К.О. Харисова // Наука и образование в современном мире, 2016. – № 9 (9). – С. 14 – 16.
14. Определение содержания цинка в питьевых водах Западного Оренбуржья / К.О. Харисова, **Е.В. Сальникова**, А.А. Осипов, А.Н. Киреева // Наука сегодня: реальность и перспективы : материалы междунар. науч.–практ. конф., 24 февраля 2016 г., Вологда / Науч. центр "Диспут". – Электрон. дан. – Вологда : Маркер. – 2016. – Ч. 1. – С. 10–12.
15. Определение содержания цинка в питьевых водах Восточного Оренбуржья / **Е.В. Сальникова**, К.О. Харисова, И.А. Сальников, А.А. Осипов // Наука сегодня: Проблемы и пути решения : материалы междунар. науч.–практ. конф., 30 марта 2016 г., Вологда / Науч. центр "Диспут". – Электрон. дан. – Вологда : Маркер. – 2016. – Ч. 1. – С. 15 – 17.
16. Сравнительный анализ содержания эссенциальных и токсичных микроэлементов на территории Оренбургской области / **Е.В. Сальникова**, Т.Г. Мишукова, Я.В. Подрез, И.А. Сальников // Современные научные исследования и инновации / Изд-во: Международный научно-инновационный центр (Москва), 2016. – № 11 (67). – С. 37–39.
17. Burtseva, T.I. The contents of selenium and zinc in the environment and food in Orenburg region / T.I. Burtseva, **E.V. Salnikova** // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2017. – Т. 41, № S1: Тема вып.: Joint 16th International Symposium on Trace Elements in Man and Animals (ТЕМА–16), 12th Conference of the International Society for Trace Element Research in Humans (ISTERH 2017) and 13th Conference of the Nordic Trace Element Society (NTES 2017) Russia, Saint – Petersburg, 26–29 June, 2017. – p.75.
18. Сравнительная оценка содержания кадмия и свинца в питьевых водах Восточного Оренбуржья / **Е.В. Сальникова**, В.И. Сальникова, А.А. Юдин, П.Ч. Аманов // 21 век: фундаментальная наука и технологии : материалы XIV Междунар. науч. – практ. конф. 14 – 15 ноября 2017 г., North Charleston, USA, 2017. – Т. 2. – С. 106 – 108.
19. Сравнительная оценка содержания подвижных форм кадмия и свинца в почвах Восточного Оренбуржья [Электронный ресурс] / **Е.В. Сальникова**, В.И. Сальникова, А.А. Юдин, П.Ч. Аманов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.–метод. конф. 31 января – 2 февраля 2018 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2018. – С. 2845 – 2848.
Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=32690214>.
20. Верева, В.Н. Исследование почв Оренбургского Предуралья физико-химическими методами анализа / В.Н. Верева, Е.Ю. Карева, **Е.В. Сальникова**// Академия педагогических идей «Новация», 2018. – № 1. – С. 235 – 242.
21. Влияние поступления микроэлементов из биосферы на элементный статус жителей Оренбургской области / **Е.В. Сальникова**, О.Н. Каньгина, А.В. Скальный, Т.И. Бурцева // Агаджаньяновские чтения : материалы II Всерос.

науч.-практ. конф. 26 – 27 января 2018 г., Москва /Москва. РУДН. – 2018. – С. 216 – 217.

22. Сальникова, Е. В. Методы аналитической химии при решении экологических проблем [Электронный ресурс] / Е. В. Сальникова, В. Н. Мезенцева // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 31 января – 2 февраля 2018 г., Оренбург / М-во образования и науки РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2018. – С. 2836– 2839.

Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=32690212>.

23. Сальникова, Е.В. Медь в биогеоценозах Оренбургской области / Е.В. Сальникова, А.Н. Сизенцов, В.И. Сальникова, Я.А. Сизенцов // Стратегия развития геологического исследования недр : настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ–РГГРУ) : материалы Междунар. науч.-практ. конф. в 7-ми томах, 4–6 апреля 2018 г., Москва / НПП «Фильтроткани», 2018. – С. 152 – 154.

Эколого-геохимический мониторинг влияния меди, кадмия и свинца на цинковый статус населения Оренбургской области

Многофункциональным микроэлементом является цинк, необходимым как для иммунной системы, так и организма в целом. Функциональными антагонистами цинка являются медь, свинец, кадмий, особенно на фоне дефицита белка. Недостаток цинка в организме человека является проблемой для значительной части населения мира. Не является исключением и Оренбургская область.

Нашими исследованиями показано, что к территориям с высоким содержанием эссенциальных (цинка и меди) микроэлементов в подземных водах можно отнести районы, расположенные на востоке Оренбургской области. Наряду с этим недостатком микроэлементов цинка и меди характеризуются подземные воды Западной и Центральной зон. Также обнаружено низкое содержание цинка в почвах Западной и особенно Центральной зоны, на востоке области – содержания цинка в целом не превышает ПДК.

Установлено, что содержание цинка, меди, кадмия и свинца в яровой пшенице Оренбургской области не превышает ПДК, следовательно, она экологически безопасна и может широко использоваться для употребления в пищу. Наблюдается низкое содержание эссенциальных микроэлементов (цинка и меди) в биосубстратах животных, что в итоге может привести к дефициту этих элементов в организме человека.

Содержание цинка в пищевых продуктах Оренбургской области по всем образцам не превышало установленные допустимые уровни. Сравнение полученных результатов с литературными данными прошлых лет показало, что содержание цинка в хлебе пшеничном, в мясных и рыбных продуктах увеличивается с годами, не превышая допустимые уровни.

Референтные значения содержания цинка в волосах жителей Оренбургской области находятся ниже соответствующих всероссийских значений за счет низкого содержания цинка в волосах жителей Западной и Центральной зон. Уровень цинка в волосах жителей Восточной зоны находится в пределах российских референтных значений. При этом уровень меди в волосах жителей Оренбургской области в целом соответствует общероссийским. Напротив, референтные значения содержания кадмия и свинца в волосах превышают соответствующие общероссийские значения.

Элементный статус групп населения Оренбургской области существенно отличается от средних показателей по ПФО. Данный факт объясняется сочетанием природно – экологических факторов (добыча цветных металлов в восточных и южных регионах) и, вероятно, относительно высоким уровнем поступления этого микроэлемента с питанием. Для сохранения здоровья населения и повышения рождаемости необходимо контролировать уровень этих микроэлементов в организме жителей Оренбургской области.

Salnikova Elena Vladimirovna (Russia)

Ecological and geochemical monitoring of copper, cadmium and lead influence on Orenburg region's people zinc status

Zinc is multifunctional trace element, which is necessary both for the immune system and the whole organism. Copper, lead and cadmium are functional zinc antagonists, especially against the background of protein deficiency. Lack of zinc in the human body is a problem for a large part of the world's population. The Orenburg region is no exception.

Our research has shown that areas with high content of essential (zinc and copper) microelements in groundwater include districts located in the east of the Orenburg region. Along with this, lack of trace elements of zinc and copper, groundwater of the Western and Central zones is characterized. A low zinc content was also found in the soils of the Western and especially the Central zone, in the east of the region - the zinc content as a whole does not exceed the MPC.

It is established that the content of zinc, copper, cadmium and lead in spring wheat of the Orenburg region does not exceed the MPC, therefore, it is environmentally safe and can be widely used for human consumption. There is a low content of essential trace elements (zinc and copper) in animal biosubstrates, which can eventually lead to a deficiency of these elements in the human body.

The zinc content in food products of the Orenburg region in all samples did not exceed the established permissible levels. Comparison of the obtained results with the literature data of previous years showed that the content of zinc in wheat bread, meat and fish products increases over the years, not exceeding the acceptable level.

Reference values of zinc content in Orenburg region residents hair are below the corresponding All-Russian values due to the low zinc content in the hair of Western and Central zones residents. The zinc level in the hair of the Eastern zone inhabitants is within the Russian reference values. At the same time, the level of copper in the hair of the Orenburg region inhabitants as a whole corresponds to the all-Russian one. On the contrary, the reference values of the content of cadmium and lead in the hair exceed the corresponding all-Russian values.

The elemental status of Orenburg region population groups is significantly different from the average indicators for the Volga Federal District. This fact is explained by the combination of natural and ecological factors (extraction of non-ferrous metals in the eastern and southern regions) and, probably, by the relatively high intake of this trace element with nutrition. In order to preserve the health of the population and increase the birth rate, it is necessary to control the level of these microelements in the Orenburg region inhabitants body.