

На правах рукописи



Тютиков Сергей Фёдорович

**Парнокопытные животные как естественные биоиндикаторы
при геохимическом мониторинге окружающей среды**

03.02.08 – Экология (биология)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Владимир-2016

Работа выполнена в лаборатории биогеохимии окружающей среды Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

Научный консультант:

доктор биологических наук, профессор

Ермаков Вадим Викторович

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», профессор кафедры экологии, природопользования и биологии

Синдирева Анна Владимировна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина», заведующий кафедрой экологии и природопользования

Иванов Евгений Сергеевич

доктор биологических наук, ФГБНУ ВНИИ ветеринарной санитарии, гигиены и экологии, ведущий научный сотрудник лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы мяса, рыбы и других пищевых продуктов

Лавина Светлана Алексеевна

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН)

Защита состоится 03 июня 2016 г. в 11.00 ч. на заседании диссертационного совета Д. 212.025.07 во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (600000, Владимир, ул. Горького, 87, корпус 1, аудитория 335).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте diss.vlsu.ru

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, можно присылать по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, кафедра биологии и экологии

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



О.Н. Саخنo

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Состав среды и особенности миграции химических элементов в биосфере, выступая в качестве экологических факторов, способны вызывать ответные реакции со стороны растительных и животных организмов, а также их сообществ. Основные проявления этих реакций состоят в изменении химического состава органов и тканей, нарушении метаболизма макро- и микроэлементов, изменении растительных форм и возникновении эндемических заболеваний животных и человека (Авцын А.П. и др., 1991; Сусликов В.Л., 2000; Ермаков В.В., 2003; Анке М., 2004). Привлечение парнокопытных для целей экологического мониторинга актуально в связи с возможностью получения информации о качестве мясной продукции и разработкой методов диагностики микроэлементозов различной этиологии, а также способов оценки природных и с.х. угодий.

Степень разработанности проблемы. Сопоставив территории, характеризующиеся различными геохимическими условиями, с развитием краевой патологии человека и животных, А.П. Виноградов в 30-х годах прошлого столетия ввел понятие «биогеохимические провинции». Последние, по его мнению, представляют собой «области на Земле, отличающиеся от соседних областей по уровню содержания в них химических элементов и вследствие этого вызывающие различную биологическую реакцию со стороны местной флоры и фауны...» (Виноградов А.П., 1938). В экстремальных случаях, вызванных техногенезом, происходит снижение численности и даже полное исчезновение видов на данной территории (Безель В.С., 2011).

В пределах БГХ провинций различного генезиса имеют место народно-хозяйственные проблемы с ведением сельского хозяйства и получением качественных продуктов питания (Ковальский В.В., 1974; Ермаков В.В., 2008). Современная интенсивная хозяйственная деятельность человека дополнительно усиливает существующую природную неоднородность химического состава среды (Трифорова Т.А., 2005). Массовое применение в прошлом, не прекратившееся вплоть до настоящего времени, применение в сельском и лесном хозяйстве стойких ХОП, совершенно чуждых для естественной природной среды ксенобиотиков, вносит свой дополнительный вклад в ухудшение экологической ситуации во многих регионах. Дикие виды парнокопытных животных (лось, косуля и кабан) – неотъемлемая часть природных сообществ большей части России. Вместе с близкими им с.х. животными (крупный и мелкий рогатый скот, свиньи), объединяемые в группу *ARTIODACTYLA*, они являются основным источником животного белка для человека. Неоспоримо рекреационное значение парнокопытных для современного урбанизо-

ванного человечества (Zong M., 1980; Данилкин А.А., 2006). В настоящее время во всем мире активно ведется поиск биологических индикаторов состояния окружающей среды по содержанию ТМ и МЭ, а также стойких ХОП (Гашев С.Н., 2003). Учитывая ежегодный рост аэрозольных выпадений загрязнителей, особую актуальность приобретает поиск способов экспрессных методов экологического мониторинга краткосрочных выбросов (Протасов В.Ф., 2011).

Цель исследования – выбор и обоснование использования диких и сельскохозяйственных парнокопытных в качестве биологических мониторов при системном изучении геохимической экологии провинций и фоновых территорий с выявлением специфических реакций организмов на экстремальные условия среды.

Ставились следующие задачи:

- провести эколого-геохимическую оценку условно-фоновых районов (Центрально-Черноземный регион), а также районов с аномалиями микроэлементного статуса среды природно-техногенного генезиса (Центральный, Северо-Кавказский и Забайкальский регионы);

- оценить накопление и метаболизм химических элементов и стойких ХОП у высших млекопитающих в фоновых и экстремальных геохимических условиях, а также в эксперименте;

- выявить региональную специфику микроэлементного состава крови и волосяного покрова крупного рогатого скота;

- разработать методы экологического мониторинга среды обитания и диагностики микроэлементозов с использованием органов, тканей и биологических жидкостей парнокопытных.

Научная новизна состоит в том, что впервые:

- на основании данных по накоплению ТМ растениями и дикими животными в различных эколого-геохимических условиях разработаны методы мониторинга долгосрочного и краткосрочного загрязнения среды (Патенты РФ на изобретения № 2266537, № 2375710 и № 2486507);

- разработан метод диагностики хронических микроэлементозов КРС (Патент РФ на изобретение № 2477483);

- при наблюдении в природе и на основании экспериментальных данных показана возможность использования животных в мониторинге загрязнения среды ХОП и их детоксикации (Патенты РФ на изобретения № 2267781 и № 2458524);

- разработаны методы мониторинга МЭ статуса территорий и его коррекции (Па-

тенты РФ на изобретения № 2280869 и № 2430355);

- исходя из закономерностей накопления меди, молибдена и вольфрама в почвенно-растительном комплексе и организме парнокопытных показана возможность использования пахты молока в экологическом мониторинге дисбаланса этих элементов в окружающей среде (Патент РФ на изобретение № 2542236).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретический вклад исследования состоит в установлении взаимосвязи химического состава органов и тканей группы видов *ARTIODACTYLA* со средой обитания, а также научном обосновании возможности их использования в качестве биологических мониторов.

Полученные результаты представляют собой новое решение актуальных научных проблем – поиска и адекватного использования биологических мониторов состояния окружающей природной среды и организма животных, а также действенных мер по коррекции неблагоприятного статуса.

Материалы диссертации использованы при подготовке «Методического руководства для выявления зон экологического бедствия и кризиса по скорректированным биогеохимическим критериям почвенно-растительного комплекса в рамках программы «Экологическая безопасность России» (раздел 6.8.19.). Разработано 9 методических рекомендаций, среди которых «Биогеохимические критерии оценки экологического состояния территорий» отмечены Серебряной медалью и Дипломом 2-го Московского международного салона инноваций и инвестиций (Москва, ВВЦ, 6-9 февраля 2002 г.).

По материалам диссертации получены 9 Патентов РФ (приведены в списке публикаций). Результаты работы использованы автором в лекционных курсах.

Положения, выносимые на защиту:

1. Взаимосвязь химизма внутренних сред организма парнокопытных с химическим составом среды обитания позволяет использовать их в биологическом мониторинге.

2. Географическая дифференциация МЭ в крови КРС, наиболее характерна для цинка и молибдена в пределах полиметаллических и гипермолибденовых провинций. Концентрационные характеристики МЭ в пределах каждого региона не подчиняются статистическому закону нормального распределения.

3. Микроэлементный состав волос с кисти хвоста КРС практически не зависит от цвета, а также пола и возраста животного. Раскрытые закономерности накопления МЭ этой тканью позволяют использовать ее для диагностики хронических микроэлементозов различной этиологии.

4. Накопление ТМ висцеральными органами диких животных дифференцировано в

зависимости от продолжительности и интенсивности воздействия загрязнителей на экосистему.

5. Накопление стойких ХОП в печени и околопочечном жире диких животных отражает зависимость от сезона и местообитания.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность исследования обеспечена применением традиционной методологии, использованием утверждённых ГОСТами аналитических методик и выполнением анализов в лабораториях, имеющих государственную аккредитацию. Результаты работы доложены и обсуждены на: II, III, IV, V, VI, VII, VIII и IX Российских и Международных Биогеохимических Школах (Москва, 1999; Горно-Алтайск, 2000; Москва, 2003; Семипалатинск, 2005; Астрахань, 2008; Астрахань, 2011; Гродно, 2013 и Барнаул, 2015), Всеросс. и Междунар. научных конференциях (Смоленск, 1999; Семипалатинск, 2000, 2002, 2004, 2007, 2008, и 2012 г.; Москва, 2001, 2006, 2010); 4-х Биогеохимических чтениях памяти В. В. Ковальского (Москва, 2003); Междунар. научн.-практ. конф. «Биолого-экологические проблемы заразных болезней диких животных и их роль в патологии с.х. животных и людей» (Покров, 2002); 1-м Съезде Росс. общества мед. элементологии (РОСМЭМ) (Москва, 2004); Междунар. научно-практ. конф. «Биогеохимия элементов и соединений токсикантов в субстратной и пищевой цепях агро- и аквальных систем» (Тюмень, 2007); Междунар. конф. «Совр. проблемы геоэкологии и сохранение биоразнообразия» (Бишкек, 2007, 2009); IV Междунар. совещ. «Геохимия биосферы» (Новороссийск, 2008); Medunarodna konferencija «Zivotna sredina danas»/ Int. conf. on «Environment today» (Beograd, 2008); 7-th Int. symp. On trace elements in human: new perspectives (2009, October 13-th - 15-th, Athens, Greece), Междунар. симп. «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты» (Москва, 2010, Междунар. научно-практ. конф., посв. 75-летию Хоперского гос. прир. зап-ка «Проблемы мониторинга природных процессов на особо охраняемых природных территориях» (пос. Варварино, Воронежская обл. 20-23 сентября 2010 г.), Int. scient. Conf. on «Sustainable development in the function of environment protection» (Beograd, 2011); Third Int. Conf. «Reseach people and actual tasks on multidisciplinary sciences» (Lozenec, Bulgaria, 2011); 8-th workshop on biological activity of metals, synthetic compounds and natural products (November 27-29, 2013, Sofia, Bulgaria); Всеросс. с междунар. уч. научно-практ. конф. «Экологическая безопасность и культура – требование современности», посвящ. 20-летию каф. «Охрана окр. среды и рац. исп. прир. ресурсов» Уфимского гос. ун-та экономики и сервиса (Уфа, 2014).

Результаты опубликованы в 1 монографии, 20 статьях в рецензируемых периодических изданиях, включенных в перечень ВАК, а также ряде других публикаций, основные

из которых приведены в конце автореферата. Диссертация изложена на 302 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 25 таблицами и 22 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор литературы

Рассмотрено становление геохимической экологии как фундаментальной естественнонаучной дисциплины, развивающейся на стыке экологии и биогеохимии. Дана краткая физико-географическая характеристика районов работ. Подробно освещены вопросы системной экологии диких парнокопытных и особенности разведения КРС, овец и свиней в районах исследования, а также взаимосвязи химического состава организма парнокопытных с компонентами окружающей среды.

Проанализированы отечественные (560) и зарубежные (264) источники. Ретроспективная глубина - последние 30 лет и более. Патентный поиск осуществлен с 1946 года. Выявлено отсутствие литературы, посвященной геохимической роли парнокопытных в биогеоценозах и использованию данной группы видов в качестве биомониторов.

Глава 2. Объекты, материалы и методы исследований

Учеты численности диких животных проводили традиционными методами охотоведения (Перовский М.И., 1975). Отбор образцов почв, природных вод и растений производили способом пробных площадок, расположенных на профилях, заложенных с учетом ландшафтно-геохимических, метеорологических условий района и особенностей экологии животных. Образцы мышечной ткани (флексоры позвоночного столба), печени и почек диких парнокопытных отбирали во время осенне-зимних облавных охот и регуляционных отстрелов. Аналогичные ткани с.х. животных отбирали на мясокомбинате. Основными объектами исследований являлись представители следующих видов диких и с.х. парнокопытных: лось (*Alces alces L.*), косуля (*Capreolus capreolus L.*), кабан (*Sus scrofa L.*), крупный (*Bos taurus d. L.*) и мелкий рогатый скот (*Ovis aries L.*), свиньи (*Sus scrofa d. L.*); а также компоненты пищевых цепей (воды, почвы и растительные корма) Центрально-Черноземного, Центрального, Северо-Кавказского и Забайкальского регионов. В лабораторном эксперименте по детоксикации стойких ХОП было задействовано 30 лабораторных крыс (*Rattus norvegicus L.*) живым весом 150-200 г.

При анализе МЭ и ТМ пользовались апробированными методами атомной абсорбции и атомной флуоресценции (ГОСТ 7269-79 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести» -М., 1979. -15 с.; ГОСТ 26927-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути» -М., 1987. -17 с. ; ГОСТ 26929-86 «Сырье

и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов» -М., 1987. -12 с.; ГОСТ 26930-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка» -М., 1987. -14 с.; ГОСТ 26931-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения меди» -М., 1987. -17 с.; ГОСТ 26932-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения свинца» -М., 1987. -12 с.; ГОСТ 26933-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения кадмия» -М., 1987. -11 с.; ГОСТ 26934-86 «Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка» -М., 1987. -13 с.; ГОСТ 30178-96. «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов». -М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. -13 с.).

Вольфрам определяли по МУК 4.1.1483-03 «Методы контроля. Химические факторы. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой».

Микроколичества ХОП анализировали по общепринятым методикам с использованием газо-жидкостной хроматографии; оценку уровней содержания ксенобиотиков проводили, руководствуясь утвержденными нормативами (СанПиН 3.2.3.500-96// Сборник важнейших официальных материалов по санитарным и противоэпидемическим вопросам. Под общ. ред. к. м. н. В. М. Подъянпольского. -М.: МП «Рарог», 1999. Т. V. -С. 287-364).

Формирование банка сравнительных данных по ХСВ КРС из различных регионов РФ, включая благополучные районы и территории распространения микроэлементозов, проводили в связи с БГХ оценкой различных таксонов биосферы, преследуя основную цель - получение массива данных пределах природно-техногенных аномалий и регионального фона.

С целью оценки изменения концентраций МЭ в крови животных было выбрано несколько полигонов в России: молочно-товарные фермы и личные хозяйства в Воронежской, Кировской, Московской областях, ЗБК, КБР, а также в РСО. Пробы цельной крови отобрали общепринятым способом у дойных коров 3-9-летнего возраста. В качестве антикоагулянта использовали 1%-й раствор гепарина.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли общепринятыми в биометрии методами (Лакин, 1990) в программе Ms-Excel 2010. Во всех не оговоренных особо случаях, уровень значимости при распределении по нормальному закону принят равным 5% (вероятность $P=0,95$).

Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение

Работа выполнена автором в 1999-2015 гг. по традиционной методологии лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН.

Схема исследований



3.1. Эколого-геохимическая оценка фоновых субрегионов

Содержание ТМ и МЭ оценено в компонентах экологической пищевой цепи ЧРБО и ВГБЗ. Концентрации кадмия во всех опробованных водоисточниках оказались меньше нижней границы определения этого металла (0,5 мкг/л). В артезианских водах, по сравнению с речными, значительно меньше ртути ($19 \pm 2,1$ нг/л), стронция ($28 \pm 3,8$ мкг/л) и марганца ($2,7 \pm 3,0$ мкг/л). В реках Оскол и Халань концентрации этих элементов значительно выше: ртути - в 1,8-2,1 раза, стронция - в 1,5-1,8 раза и марганца - в 7,6-9,8 раза. Это явление связано, по-видимому, с типом вод. Известно, что поверхностные воды переносят значительные массы марганца, а в застойных условиях или на БГХ барьерах может происходить выпадение соединений марганца и железа в осадок и формирование конкреций (например, болотной руды).

Снеговые воды вносят существенный вклад в массу рассматриваемых химических элементов, переносимых с поверхностными водами. Это касается свинца ($2,6 \pm 2,2$ мкг/л), цинка ($11 \pm 1,0$ мкг/л), меди ($2 \pm 0,2$ мкг/л) и ртути ($38 \pm 4,2$ нг/л). В целом же концентрации

элементов в водах Чернянского субрегиона соответствуют литературным данным по химическому составу вод Центрального Черноземья. Для них характерны высокие минерализация и уровни как ТМ, так и МЭ. Все опробованные воды укладываются в существующие гигиенические нормативы по всем химическим элементам. Ни в одном случае не выявлено превышения ПДК, установленной для питьевой воды.

Уровни содержания рассматриваемых элементов в типичном слабо выщелоченном черноземе ЧРБО, используемом под пашню, весьма низок. Лишь кобальт и медь достигают типичных значений: 10-15 мг/кг (Co) и 6-24 мг/кг (Cu). По-видимому, это связано с интенсивным с.х. использованием этих земель и выносом элементов за счет биомассы культивируемых растений. Более оптимальная элементная ситуация наблюдается в серых лесных и дерново-луговых почвах. Так, концентрации цинка в них достигают 80-100 мг/кг, меди - 19-33 мг/кг, стронция - 14-42 мг/кг, а марганца - 160-600 мг/кг. Уровень содержания селена практически равен средней концентрации элемента в почвах России (0,3 мг/кг) и изменяется от 0,13 до 0,36 мг/кг. Концентрации ртути во всех исследованных образцах почв ниже среднего уровня для большинства почв России (60 мкг/кг) и варьируют от 18 до 44 мкг/кг. Учитывая также весьма низкие концентрации в почвах кадмия (< 0,3 мг/кг) и свинца (4,6-20 мг/кг), можно отметить, что почвенный статус по наиболее токсичным нормируемым ТМ является экологически благоприятным.

Уровень содержания ТМ в растениях и растительных кормах ЧРБО является низким: 0,9-1,9 мг/кг (Pb), < 0,05 мг/кг (Cd), 10-14 мкг/кг (Hg). Концентрации МЭ можно рассматривать как оптимальные: 37-50 мг/кг (Zn), 4,5-9,3 мг/кг (Cu) и 0,17-0,28 мг/кг (Se). Только в одном случае уровень цинка в укусах растений достигает довольно высокого значения 70 мг/кг, но не является критическим. Уровень содержания марганца в укусах растений изменяется от 20 до 130 мг/кг, что также не достигает критических величин. Наиболее высокие значения характерны для луговых растительных ассоциаций.

В связи с тем, что в рационе диких парнокопытных значительное место занимают древесные компоненты и водные растения, были проанализированы рогоз, ольха и опады растительные в лесных массивах. Ряд химических элементов (Pb, Hg, Zn, Se, Co) в растениях этой группы находится на том же уровне, как и в кормовых травянистых растениях. В листьях и ветвях ольхи и опадах появляется кадмий (0,06-0,11 мг/кг). Возрастает содержание стронция до 47-70 мг/кг.

Таким образом, содержание рассматриваемых ТМ и МЭ в природных водах, почвах, растениях и растительных кормах Чернянского субрегиона в целом не превышают установленных ПДК и МДУ. Исключение составляет лишь хром, уровень которого во

всех без исключения растительных образцах довольно высок. Содержание таких нормируемых МЭ как цинк, медь, марганец, кобальт и селен в почвах и кормах с. х. животных укладывается в оптимальный интервал концентраций. В соответствии с принятыми Министерством экологии «Критериями» это позволяет отнести данную территорию к зонам относительно удовлетворительной экологической ситуации по содержанию данных МЭ в кормах и окружающей среде. Полученные нами результаты согласуются с литературными данными по фоновым содержаниям ТМ и МЭ в исследуемых компонентах биогеоценозов.

Почвы Чернянского района были проанализированы на содержание остаточных количеств ряда стойких ХОП их метаболитов (п,п'-ДДТ, п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ, γ -ГХЦГ, альдрин, дильдрин, гептахлор, эпоксид гептахлора). В связи с тем, что ряд соединений в последние десятилетия запрещен к применению в сельском и лесном хозяйстве, а остальные пестициды применяются в ограниченном количестве, в фоновых (неэкспериментальных) условиях удалось достоверно определить лишь п,п'-ДДЭ и γ -ГХЦГ (рис. 1). Полученные нами данные оказались ниже ПДК и результатов предыдущих исследователей и представляют значительный интерес в плане изучения аспектов трансформации и деградации ХОП в экосистемах с течением времени, прошедшего с момента загрязнения.

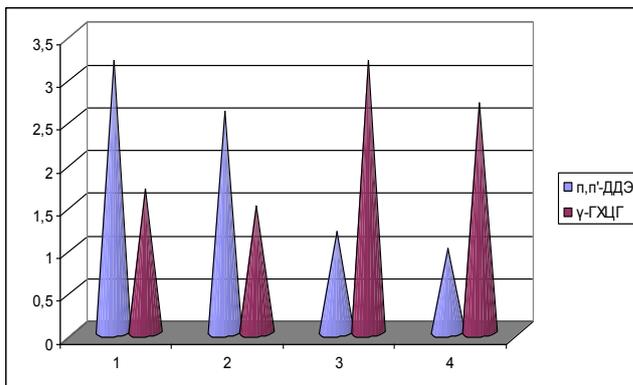


Рис. 1. Средние фоновые концентрации стойких ХОП в почвах ЧРБО (в мкг/кг возд.-сух. массы). 1 – чернозем типичный слабо-выщелоченный, пахотный горизонт; 2 - намывной горизонт дерново-луговой делювиальной почвы; 3 - серая лесная, горизонт А; 4 - серая лесная, гор. В.

Обращает внимание довольно высокое содержание некоторых ТМ и МЭ в реках ВГБЗ. Так, в старице р. Воронеж в юго-западной части заповедника: Pb - $4,5 \pm 0,5$ мкг/л, Cd - $2,5 \pm 0,3$ мкг/л, Cu - $25 \pm 2,8$ мкг/л и Zn - 250 ± 29 мкг/л. Это заметно выше, чем в водах собственно р. Воронеж. Концентрации цинка довольно высоки в водах Усмани ($198 \pm 20,5$ мкг/л) и Ивницы ($60 \pm 6,1$ мкг/л). Повышенный уровень металлов в поверхностных водах заповедника, с одной стороны, связан с региональными особенностями, а с другой, - с возможными техногенными факторами. По-видимому, в старице, где течение воды медленнее, чем в основном русле, застойные явления способствуют накоплению металлов. Возможно, что процесс аккумуляции происходил ранее во время наиболее мощной активности металлургических комбинатов региона и других промышленных предприятий.

Несмотря на то, что по большинству химических элементов воды ВГБЗ более обогащены, чем в ЧРБО, они удовлетворяют гигиеническим нормативам. Уровень же содержания ртути и селена практически совпадает в обоих субрегионах.

Обращает внимание и тот факт, что в почвах заповедника концентрации всех рассматриваемых химических элементов являются низкими. Даже содержание цинка иногда опускается до 4 мг/кг в горизонте А светло-серой лесной почвы. Причем это явление характерно как для серых лесных, так и для подзолистых примитивных почв. В основном это связано с характером почвообразовательного процесса и свойствами почвообразующих пород. Последние представляют собой мощные песчаные наносы, на которых и формировались почвы ВГБЗ в течение длительного процесса образования лесных массивов. По сравнению с почвами легкого механического состава из ВГБЗ, почвы ЧРБО, как правило, являются средне- и тяжелосуглинистыми, что и определяет их аккумулятивный характер. В ряде случаев в светло-серых лесных почвах заповедника присутствуют следы меди (около 0,4 мг/кг), что в 75 раз ниже фоновых значений для почв России. Концентрации селена здесь также меньше (0,14-0,26 мг/кг), чем в ЧРБО.

Уровни содержания элементов в кормовых травах и укосах ВГБЗ, против ожидания, не являются низкими. Они достигают $9,2 \pm 1,0$ мг/кг (Pb), $1,7 \pm 0,2$ мг/кг (Cd), $130 \pm 15,2$ мг/кг (Zn) и $11 \pm 1,0$ мг/кг (Cu). Это может быть связано как с повышенной подвижностью металлов в почвенно-растительном комплексе, так и с проявлением антропогенных факторов. Концентрация селена составляет $0,12 \pm 0,01$ мг/кг в клевере, а ртути - изменяются от 13,8 до 15,2 мкг/кг. По сравнению с ЧРБО травы и корма ВГБЗ более обогащены марганцем. Например, тимофеевка луговая накапливает марганец до 740 ± 85 мг/кг.

Растения лесных биогеоценозов в меньшей мере обогащены ТМ. Однако в растительном опаде из лесных массивов, листьях ольхи и сныти весьма высок уровень хрома. По другим химическим элементам резких отличий элементного состава лесных растений и кормовых трав не наблюдается. Уровень меди несколько меньше (3,4-5,5 мг/кг) в растениях лесных биогеоценозов, а содержание селена находится в пределах нормальных значений и изменяется от 0,19 до 0,24 мг/кг.

Водные растения ВГБЗ приближаются по элементному составу к луговым и лесным видам. Так, содержание мышьяка в корневище рогоза довольно высоко ($0,96 \pm 0,11$ мг/кг).

Сравнение результатов определения остаточных микроколичеств ХОП в естественных почвах ВГБЗ с данными по ЧРБО позволяет отметить более значительное содержание в них п,п'-ДДЭ, а также характерный для обоих исследуемых районов относительно более

высокий уровень γ -изомера ГХЦГ в почвах лесных участков (рис. 2). Эти особенности объяснимы, учитывая массовое применение в прошлом обоих пестицидов в лесном хозяйстве.

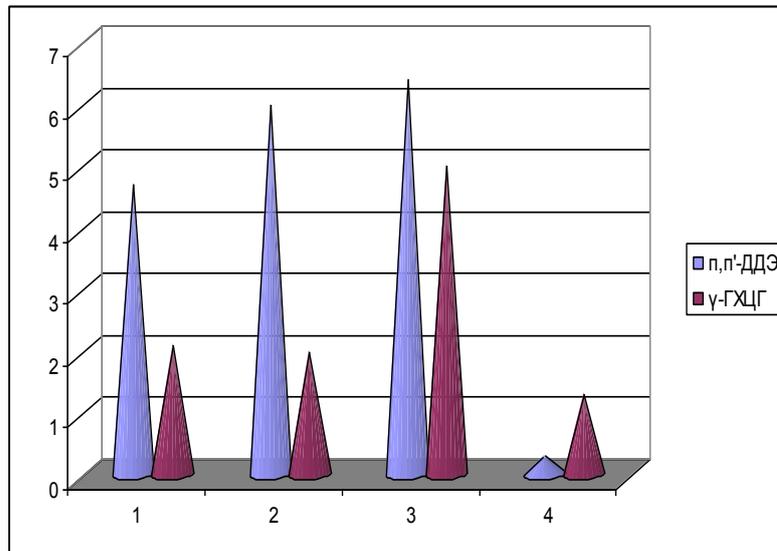


Рис. 2. Средние фоновые концентрации стойких ХОП в почвах ВГБЗ (в мкг/кг сухого вещества). 1 – светло-серая лесная, горизонт А; 2 – светло-серая лесная, горизонт АВ; 3 – серая лесная, горизонт АВ; 4 – дерново-луговая, горизонт А+АД.

3.2. Химические элементы и стойкие хлорорганические пестициды в организме диких и сельскохозяйственных парнокопытных фоновых территорий

Средние фоновые концентрации Cd, Cu, Hg, Se и Pb у диких и с.х. парнокопытных обычно убывают в ряду: почки – печень – мышечная ткань. Однако у КРС кадмий преимущественно накапливается не в почках, а в печени (рис. 3). В отличие от свинца, для кадмия ярко выражена тенденция увеличения его концентрации в почках с возрастом животного.

Цинк у КРС и свиней имеет максимум в печени, а у овец – в почках.

При ранжировании органов с.х. парнокопытных по валовому содержанию в них меди, выявляется, что мышечная ткань КРС и свиней лишь незначительно уступает почкам и печени, а у овец в мышцах содержится в 4 с лишним раза меньше этого МЭ.

Распределение хрома в организме с.х. животных зависит от видовых особенностей. Так, КРС накапливают больше элемента в печени (7,1-9,9 мг/кг), чем в почках (2,7-7,8 мг/кг), а овцы и свиньи – наоборот.

Марганец у диких и с.х. парнокопытных животных убывает в ряду: печень – почки – скелетная мускулатура. В мышечной ткани с.х. животных он присутствует в следовых количествах. В целом, статус МЭ заметно ниже в организме с.х. животных по сравнению с дикими парнокопытными.

Стронций у диких и с.х. парнокопытных убывает в ряду: печень – почки – мышцы, за исключением кабана, у которого максимум наблюдается в почках. Уровень кобальта в

органах и тканях животных Центрального Черноземья весьма низок ($< 0,05$ мг/кг). Кобальт у всех видов максимально аккумулируется в почках, минимум характерен для мышечной ткани. Мышьяк нами обнаружен во всех образцах органов с.х. и диких парнокопытных в концентрациях, близких к следовым.

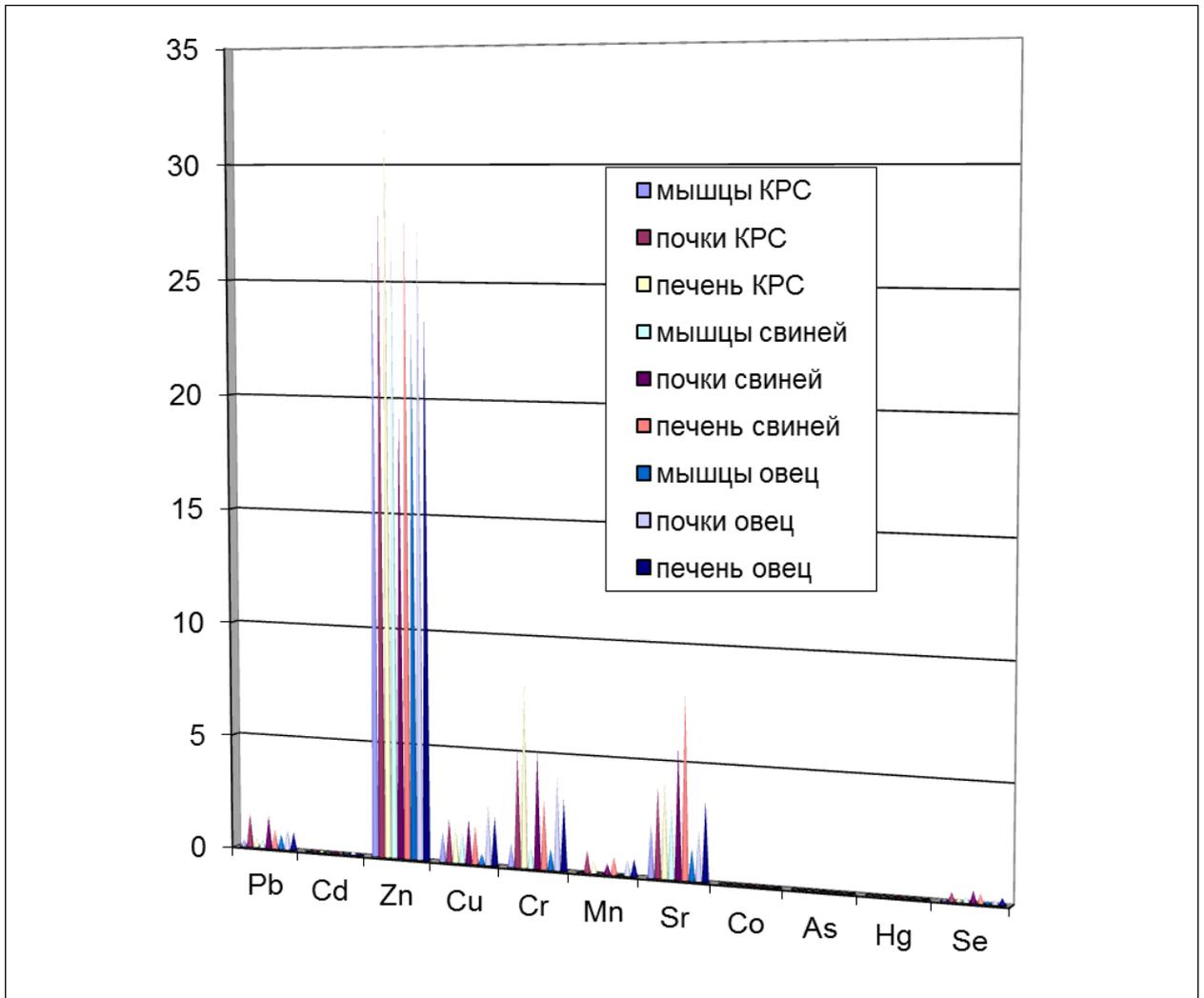


Рис. 3. Средние фоновые концентрации ТМ и МЭ в тканях с.х. парнокопытных ЧРБО (в мг/кг сырой массы ткани).

Ртуть в незначительных количествах присутствует во всех исследованных тканях диких и с.х. парнокопытных ЧРБО и ВГБЗ. Наиболее интенсивно она аккумулируется в почках. Имеют место видовые различия. Так, из трех видов диких парнокопытных наибольшие количества ртути в почках накапливает кабан ($26,2 \pm 9,0$ мкг/кг), лось занимает промежуточное положение ($18 \pm 4,1$ мкг/кг). Минимальные количества отмечены у косули ($14,9 \pm 2,5$ мкг/кг). В мышцах кабанов и косуль фоновые концентрации ртути изменяются от 1,4 до 5,8 мкг/кг.

Распределение селена подвержено видовому и субрегиональному влиянию. У КРС, свиней, и лося из ЧРБО максимальные его концентрации характерны для почек,

в печени селена несколько меньше и в скелетной мышечной ткани наблюдается минимальное содержание.

На рис. 4 и 5 показана взаимосвязь фоновых средневзвешенных концентраций химических элементов в БГХ пищевой цепи. Зависимость уровней в биомассе диких парнокопытных от концентраций в растительности значительно больше ($r=0,47$), чем от уровней в почве ($r=0,24$).

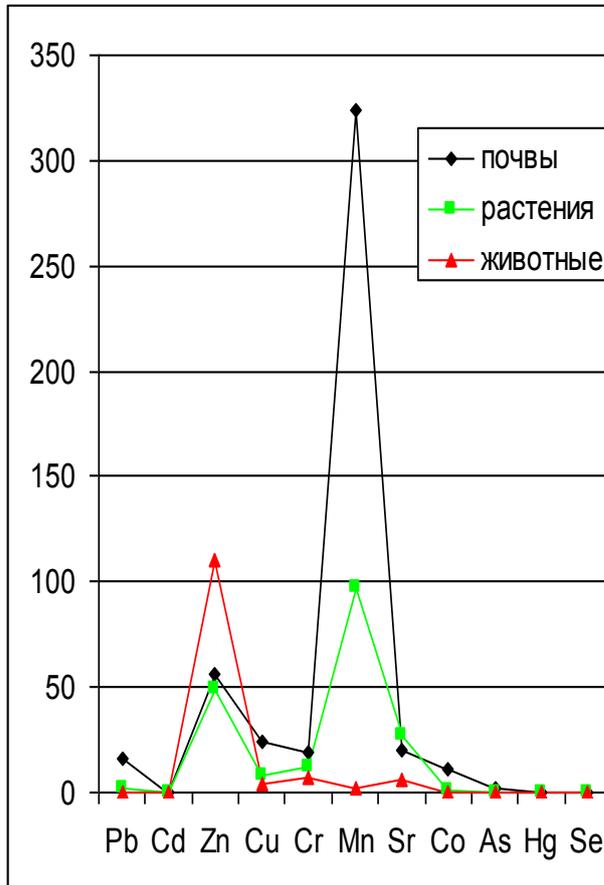


Рис. 4. Средневзвешенные фоновые концентрации ТМ и МЭ в почвах, растительных кормах и биомассе диких парнокопытных ЧРБО (почвы и растения – в мг/кг возд.-сух. массы, животные – в мг/кг сырой массы).

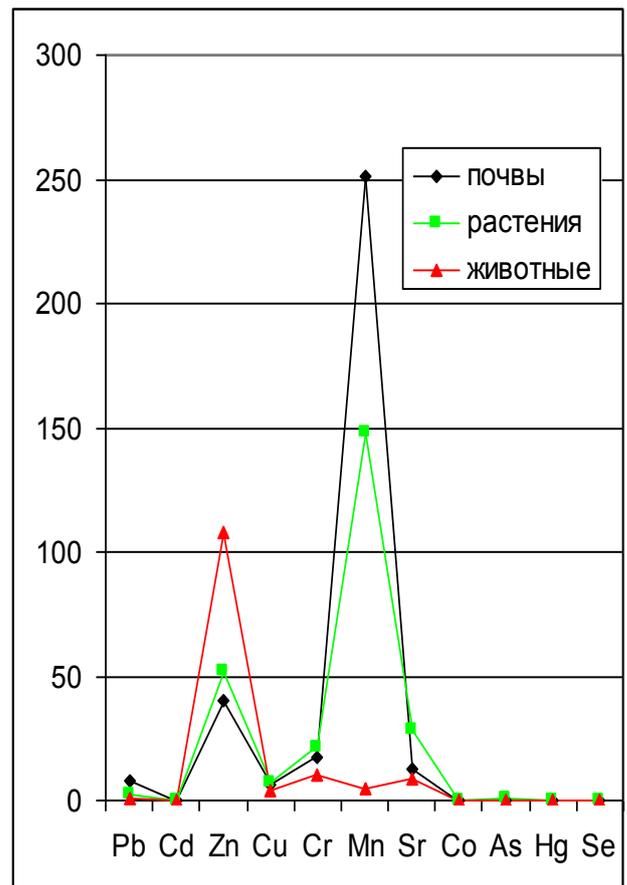


Рис. 5. Средневзвешенные фоновые концентрации ТМ и МЭ в почвах, растительных кормах и биомассе диких парнокопытных ВГБЗ (почвы и растения – в мг/кг возд.-сух. массы, животные – в мг/кг сырой массы).

Проведенные нами исследования фоновых уровней ХОП в околопочечном жире диких и с.х. животных позволяют сделать анализ относительных кумулятивных свойств, связанных с видовой принадлежностью животных (рис. 6). Несмотря на довольно низкие уровни пестицидов, существует тенденция более интенсивного аккумуляирования п,п'-ДДЭ с.х. жвачными (КРС и овцы). Свины, наоборот, аккумулируют несколько больше

γ -ГХЦГ. Среди диких парнокопытных наименьшие концентрации γ -ГХЦГ в околопочечном жире характерны для косули.

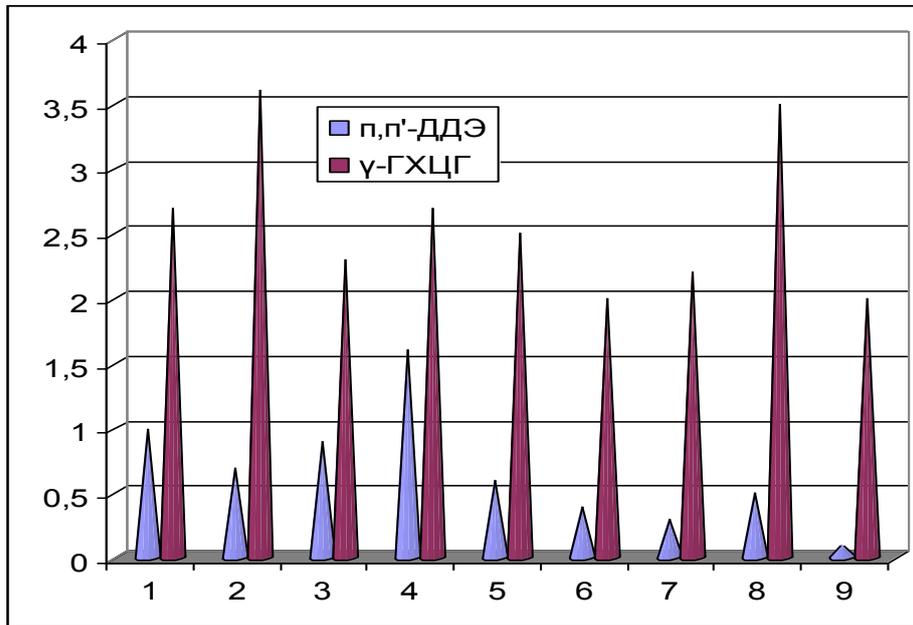


Рис. 6. Средние фоновые концентрации ХОП в околопочечном жире животных (в мкг/кг сырого вещества). 1 – КРС; 2 – свиньи; 3 – овцы; 4 – лоси ЧРБО; 5 – кабаны ЧРБО; 6 – косули ЧРБО; 7 – лоси ВГБЗ; 8 – кабаны ВГБЗ; 9 – косули ВГБЗ.

3.3. Региональная специфика микроэлементного состава крови крупного рогатого скота

В исследованных нами образцах крови КРС наиболее высокое содержание МЭ характерно для цинка. Средние его концентрации по разным районам изменяются от 3033 ± 670 мкг/л (Подмосковье) до 5236 ± 5000 мкг/л (с. Мизур, РСО). При этом обращает внимание сильная вариабельность данных, особенно в районе с повышенным содержанием металла (с. Мизур). Фоновыми уровнями цинка можно считать концентрации от 3000 до 4500 мкг/л. В хозяйствах ЗБК у животных с Северного Кавказа (за исключением г. Алагира) наблюдается более высокое содержание элемента, по сравнению с хозяйствами Центральной России, а максимальный уровень обнаружен в п. Мизур (полиметаллическая провинция). В крови некоторых дойных коров здесь также было обнаружено повышенное содержание свинца (до 154 мкг/л) при региональном фоне 22 ± 17 мкг/л (г. Алагир), что связано с высокими концентрациями металла в растениях пастбищ аномальных территорий ($83,3 \pm 28,7$ мг/кг). Достоверность различий не достигает уровня вероятности 95%.

Содержание других МЭ (за исключением селена) в крови КРС в зависимости от региона варьирует еще меньше. Так, средние концентрации меди изменяются от 844 ± 102 (Подмосковье) до 1295 ± 187 мкг/л (Воронежская область). Уровень марганца изменяется от 34 ± 12 мкг/л (Кировская область) до 781 ± 35 мкг/л (РСО). Наиболее высокое содержание

Mo отмечено в крови КРС из молибденовой биогеохимической аномалии (г. Тырныауз, КБР) – 35 ± 7 мкг/л, а самый низкий уровень кобальта характерен для хозяйства в с. Беклемишево (ЗБК) – 10 ± 6 мкг/л.

Обращает внимание в ряде случаев необычно повышенное содержание некоторых элементов (Mn, Mo, As, Se) в крови дойных коров из Воронежской области. По-видимому, в данном случае сказывается применение премиксов с повышенным содержанием указанных химических элементов.

Данные по содержанию селена в крови дойных коров из Воронежской области представлены на рис. 7А. Распределение элемента крайне неравномерное. Обращает внимание максимальная частота концентраций селена в интервале 131-140 мкг/л. Следующий максимум приходится на интервал 161-170 мкг/л. По-видимому, уровень селена в крови является сложной функцией, зависящей от возраста, физиологического состояния животных и БГХ факторов. В меньшей степени это прослеживается и для других регионов России. Варьирование концентраций селена в крови особенно характерно для Трубачевского хозяйства ЗБК (рис. 7Г), где для предупреждения беломышечной болезни применяют внутримышечные инъекции «неоселена» (водный раствор селенита натрия). Эта обработка сказывается как на уровне селена в крови, так и в волосяном покрове.

Изменение концентраций селена в крови дойных коров из хозяйств Кировской области представлено на рис. 7Б. В данном случае картина распределения концентраций МЭ также является сложной. Обращает внимание сравнительно низкое содержание элемента. В среднем оно в полтора раза ниже концентраций селена в крови КРС из Воронежской области. При этом разница достоверна при $P=99,9\%$. По-видимому, различия обусловлены и геохимическими факторами. Известно, что Кировская область представляет собой регион с недостатком селена в кормах. Таким образом, в данном случае прослеживается четкая связь уровней содержания селена в крови животных с БГХ особенностями региона.

Возрастные физиологические особенности четко прослеживаются в отношении селена. Как правило, у телят уровень содержания МЭ в крови в несколько раз ниже, чем у лактирующих коров. Например, в крови телят из хозяйств Подмосковья концентрации селена в крови изменялись от 19 до 32 мкг/л, а у коров – от 78 до 127 мкг/л. Наименьшее среднее содержание Se обнаружено в крови дойных коров из п. Былым (КБР) – 74 ± 17 мкг/л. Именно в этом поселке зарегистрированы случаи беломышечной болезни у телят.

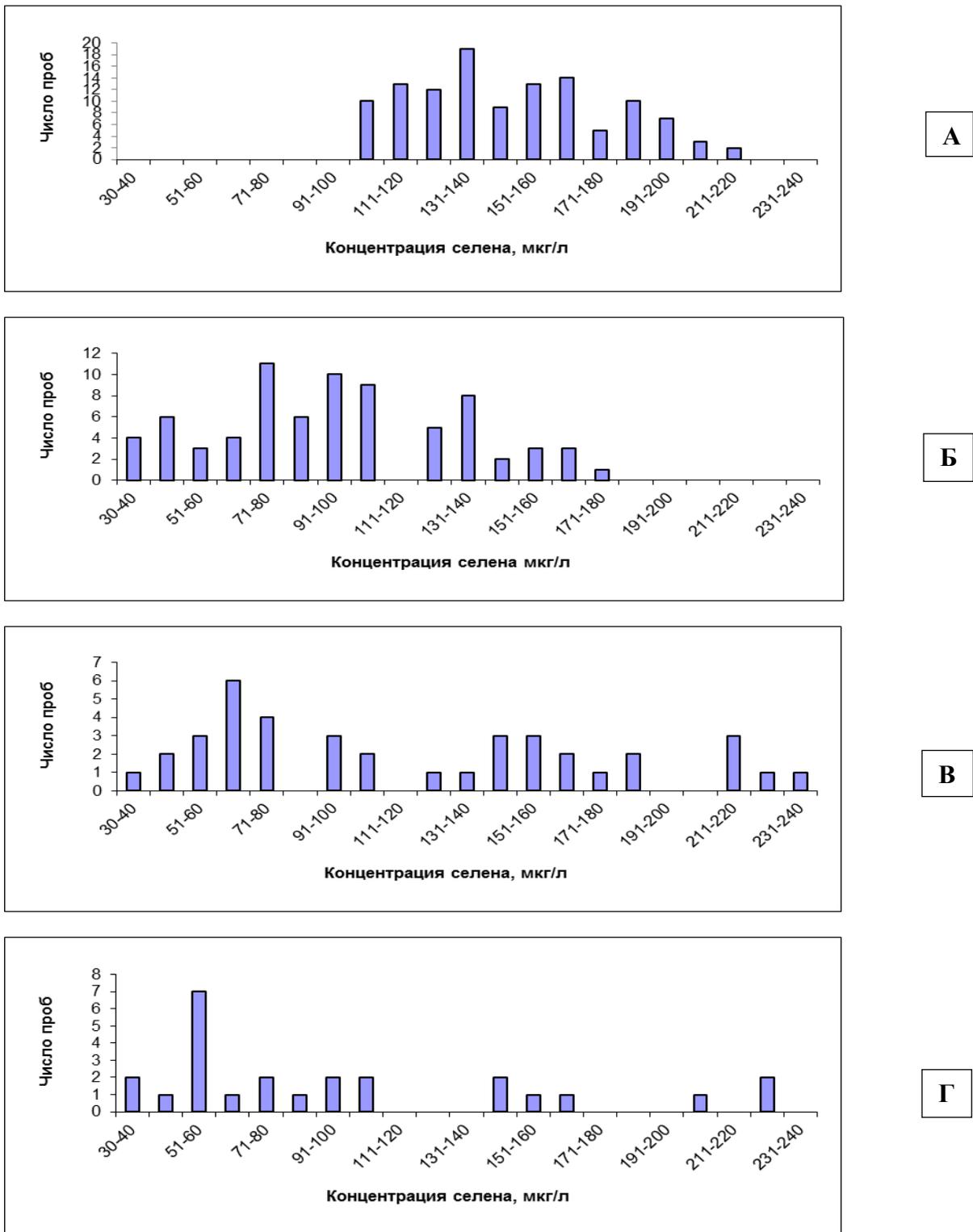


Рис. 7. Распределение концентраций селена в крови коров из различных регионов России. А – Воронежская обл., Б – Кировская обл., В – ЗБК (Беклемишево), Г – ЗБК (Трубачево).

Слабая кормовая база в с. Былым определяет низкую продуктивность животных (плохая упитанность, низкие надои молока, низкая концентрация белка). Указанные неблагоприятные условия наряду с низкими концентрациями селена в растениях, по-

видимому, способствуют проявлению беломышечной болезни молодняка с.х. животных. В Тырныаузе, в окрестностях рудника, горные пастбища являются хорошей кормовой базой КРС, а низкий уровень селена в кормах и почвах компенсируется техногенным его потреблением в результате сноса и рассеивания рудного материала.

3.4. Диагностика хронических микроэлементозов крупного рогатого скота по химическому составу волос

При выявлении зависимости между уровнем содержания ТМ и МЭ в волосах КРС разного возраста, пола, физиологического состояния (кроме патологии) и цвета не обнаружено существенной разницы. Поэтому для ХСВ по всем контролируемым элементам, с вероятностью $P=99\%$ установлены диапазоны нормальных концентраций элементов для условно-фоновых территорий (табл. 1). Они несколько отличаются между собой по стронцию и молибдену, что, по-видимому, связано с большими различиями их содержания в среде обитания.

Таблица 1. Диапазоны нормальных концентраций химических элементов в волосяном покрове крупного рогатого скота условно-фоновых территорий

Субрегион обследования	Содержание химических элементов, мг/кг					
	Zn	Cu	Mn	Sr	Co	Mo
Московская область (n = 147)	110-130	7-8	10-20	7-11	0,02-0,04	0,14-0,26
ЗБК, «Беклемишево» (n = 102)	120-130	7-8	16-20	9-12	0,04-0,08	0,08-0,14
Воронежская область (n = 133)	110-120	8-10	6-8	11-15	0,02-0,04	0,02-0,08
КБР, г. Чегем (n=11)	120-150	7-8	4-16	6-11	-	0,02-0,15

Примечание: При числе степеней свободы $f \geq 30$ $s \approx \sigma$. Доверительный интервал среднего значения составляет $\bar{X} \pm n \cdot \sigma$ (где $n = 1$ при $P=68\%$; $n = 2$ при $P=95\%$; $n = 3$ при $P=99,8\%$). При $f < 30$ $\sigma = t \cdot s$. В этом случае с заданной вероятностью доверительный интервал среднего значения составляет $\bar{X} \pm t \cdot s$ (где t -коэффициент Стьюдента).

Данные по ХСВ крупного рогатого скота с признаками микроэлементозов приведены в табл. 2.

Таблица 2. ХСВ дойных коров из районов с проявлениями микроэлементозов

Субрегион обследования	Параметр	Определяемый элемент, мг/кг					
		Zn	Cu	Mn	Sr	Co	Mo
КБР, с. Былым (n=31)	\bar{X}	118	6,0	9,1	11,4	0,026	0,19
	$\pm s$	4	0,32	0,84	1,1	0,004	0,044
КБР, г. Тырныауз (n=33)	\bar{X}	134	6,6	9,1	10,2	0,019	0,80
	$\pm s$	3	0,4	1,5	0,9	0,003	0,11
РСО, Н. Унал	\bar{X}	142	8,5	16,5	8,8	0,089	0,43

(n=8)	$\pm s$	9	0,3	2,9	2,7	0,027	0,12
ЗБК, п. Унда (n=12)	\bar{X}	148	6,9	22	33	0,10	0,037
	$\pm s$	13	0,3	5	8,9	0,02	0,007
ЗБК, Нерчин- ский завод (n=13)	\bar{X}	116	6,0	4,4	11,2	0,013	0,024
	$\pm s$	5,4	0,5	0,4	3,0	0,007	0,004
ЗБК, «Трубачевское» n=60)	\bar{X}	110	7,0	20,4	24,7	0,088	0,043
	$\pm s$	2	0,1	1,0	1,2	0,006	0,005

Сравнение районов с проявлениями микроэлементозов (Тырныауз, Н. Унал, «Трубачевское», Нерчинский Завод) с условно-фоновыми территориями показывает различия по стронцию, меди, молибдену. Существует тенденция различий по марганцу, но она недостаточно выражена.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что диапазон нормального содержания химических элементов в волосах кисти хвоста взрослых особей КРС зависит от БГХ факторов, т.е. от содержания химических элементов в почвах и кормах. Кроме того, ХСВ варьирует в зависимости от типа кормов и является важным индикатором качества кормления и содержания животных (табл. 3).

Таблица 3. Содержание селена в волосах кисти хвоста КРС

Место отбора проб	Se, мкг/кг			
	$\bar{X} \pm s$	Min	Max	n
«Москворецкий»	328 \pm 19	141	434	26
«Немчиновка»	413 \pm 25	275	490	16
«Совхоз им. Ленина»	484 \pm 19	300	892	47
«Беклемишево», ЗБК	304 \pm 18	110	460	23
«Трубачевское», ЗБК	256 \pm 34	120	488	11
Нерчинский Завод, ЗБК	261 \pm 29	93	357	8
Н. Унал, РСО	298 \pm 17	246	349	6
Тырныауз, КБР	463 \pm 41	247	677	10

Полученные нами и литературные данные, свидетельствуют о возможности эффективного использования ХСВ при диагностике некоторых гипо- и гипермикроэлементозов. Так, в условиях гипермолибденовых, гипермедных и гипоселеновых БГХ провинций уровень содержания МЭ является определяющим при диагностике микроэлементозов. Менее информативны данные по концентрациям в волосах марганца и цинка. Тем не ме-

нее, в экстремальных геохимических условиях уровень этих элементов в волосах также меняется.

При сопоставлении элементного химического состава волос с клиническими и субклиническими формами проявления хронических микроэлементозов на территории РФ установлено умеренное индикационное значение микроэлементов Sr, Cu, Mo, и Se в волосяном покрове КРС в части диагностики гипо- и гипермикроэлементозов. Оценка эффективности разработанного нами метода приведена в табл. 4.

Таблица 4. Эффективность ХСВ-мониторинга микроэлементозов КРС

Химический элемент	Дефицит	Избыток
Zn	Средняя	Оценка не проводилась
Cu	Средняя	Высокая
Mn	Средняя	Средняя
Sr	Оценка не проводилась	Высокая
Co	Средняя	Высокая
Mo	Средняя	Высокая
Se	Высокая	Высокая

Остается сложным реализация метода в отношении фоновых территорий. Результаты исследований указывают на необходимость регионального нормирования ХСВ животных. Это означает, что для каждого региона и даже субрегиона (Центрально-Черноземный регион, степи Европейского Юга России, горные и северные территории и т.п.) необходимо проводить отбор и элементный анализ волос, чтобы определить фоновое варьирование нормальных физиологических концентраций отдельных химических элементов. Подобная стадия необходима и для отдельных хозяйств, чтобы в последующем контролировать изменение ХСВ в связи с оптимизацией и изменением состава рационов животных.

3.5. Геоботанические методы экологического мониторинга

В ходе работы по тематике настоящего диссертационного исследования нами было разработано несколько методов экологического мониторинга без использования в качестве биомониторов парнокопытных. В совокупности с методами зоомониторинга они существенно расширяют возможности оценки территорий как по спектру химических элементов, так и по видам оцениваемых биогеоценозов.

3.5.1. Способ использования ивы в биогеохимическом мониторинге загрязнения среды кадмием

При проведении мониторинга производится отбор образцов листьев ивы козьей (*Salix caprea L.*) и/или ивы ломкой (ивы-ракиты) (*Salix fragilis L.*), высушивание их до по-

стоянного веса, выделение усредненной пробы, определение в ней содержания кадмия, сравнение полученных значений с установленными данными, по выходу за пределы которых определяют степень загрязненности территории кадмием. Отбор образцов возможен в течение всего вегетационного периода. Для оценки крупного региона отбирают по 1 пробе на 1000-5000 га с распределением мест отбора равномерно по территории; для оценки речной поймы производится отбор по 1 пробе через каждые 100 метров; для оценки небольшого по площади участка территории (порядка 1000 га) производится отбор по 1 пробе на каждые 100 га.

Нами принята следующая градация по степени загрязненности кадмием: 1) условно фоновые территории (уровень содержания кадмия в листьях ивы не превышает 0,6 мг/кг воздушно сухого вещества; 2) территории риска (от 0,6 мг/кг до 1,2 мг/кг); 3) территория кризиса (от 1,2 мг/кг до 2,8 мг/кг). Известны также территории экологического бедствия, характеризующиеся уровнями содержания кадмия до нескольких десятков мг/кг воздушно-сухого вещества. Однако постановка мониторинговых работ на таких территориях не имеет смысла ввиду очевидности проявления деградации растительности (хлороз листьев, уродливость форм и т. п.).

3.5.2. Способ определения экологического статуса территорий по содержанию селена

Способ включает отбор проб укосов дикорастущих растений лугово-степной растительности или однолетних и многолетних с.х. растений, выделение усредненной пробы методом квартования, фиксацию измельченной пробы концентрированным этиловым спиртом, определение в ней содержания общего селена, сравнение полученных значений с установленными данными, по выходу за пределы которых определяют экологический статус территории. Отбор проб производят во время фенофазы цветения путем полного выкашивания растительности с 1 м² в количестве, равном для территории крупного региона 1 пробе на 1000-5000 га, а для локального агроценоза - 1 пробе на 100 га. Сравнение полученных значений производят с минимальным критическим содержанием селена в воздушно-сухой массе средних укосов дикорастущей растительности, равным для лесной зоны – 20 мкг/кг нативной массы, для лесостепной зоны – 30 мкг/кг, а для степной зоны – 50 мкг/кг.

3.5.3. Способ определения экологического статуса территорий на содержание стронция

Способ аналогичен предыдущему в части пробоотбора. Выделение стронция из усредненной пробы проводят концентрированной азотной кислотой с последующим опре-

делением его в экстракте методом атомной адсорбции, а сравнение полученных значений ведут с фоновым содержанием стронция в воздушно-сухой массе средних укосов дико-растущей растительности (от 20 до 500 мг/кг).

3.6. Экологический зоомониторинг и методы коррекции

3.6.1. Экологический мониторинг тяжелых металлов

На рис. 8 представлены сравнительные данные по содержанию наиболее опасных нормируемых в продуктах питания и кормах ТМ в укосах травянистой растительности и органах диких парнокопытных ЧРБО в условиях фона и при аэрозольном загрязнении. Установленные нами различия в концентрациях ТМ в почвах в условиях фона и загрязнения оказались статистически недостоверными. На основании полученных данных, нами разработан способ экологического мониторинга. Сущность предлагаемого метода заключается в отборе проб органов и тканей диких парнокопытных животных, определении валовых количеств ТМ и последующей дифференцированной оценке экологической ситуации в регионе в соответствии с утвержденными Госсанэпиднадзором максимально допустимыми уровнями (МДУ) элементов.

Наиболее сложным вопросом в экологическом мониторинге ТМ следует признать интерпретацию аналитических данных с целью градуированной оценки ситуации в обследуемом регионе. Принятая в настоящее время 4 бальная градация (I - зона относительного благополучия; II - зона риска; III - зона кризиса; IV - зона экологического бедствия) достаточно удобна и позволяет в первом приближении оценить масштабы антропогенного воздействия на природные сообщества («Методическое руководство для выявления зон экологического бедствия и кризиса по скорректированным биогеохимическим критериям почвенно-растительного комплекса в рамках программы «Экологическая безопасность России» (раздел 6.8.19.).

Очевидно, что для отнесения территории к четвертой и даже третьей категории (соответственно: зоны бедствия и кризиса) совершенно излишне привлечение таких чувствительных биомониторов, как дикие парнокопытные. Практика показывает, что в зонах экологического бедствия уровни ТМ в поверхностных водах, атмосферном воздухе и верхнем слое почвы могут превышать установленные санитарные нормы на порядок и выше. Гораздо труднее определить начальный этап нарушения естественной саморегуляции экосистем - переход от «зоны благополучия» к «зоне риска». Именно здесь целесообразно привлечение живых индикаторов чистоты окружающей среды.

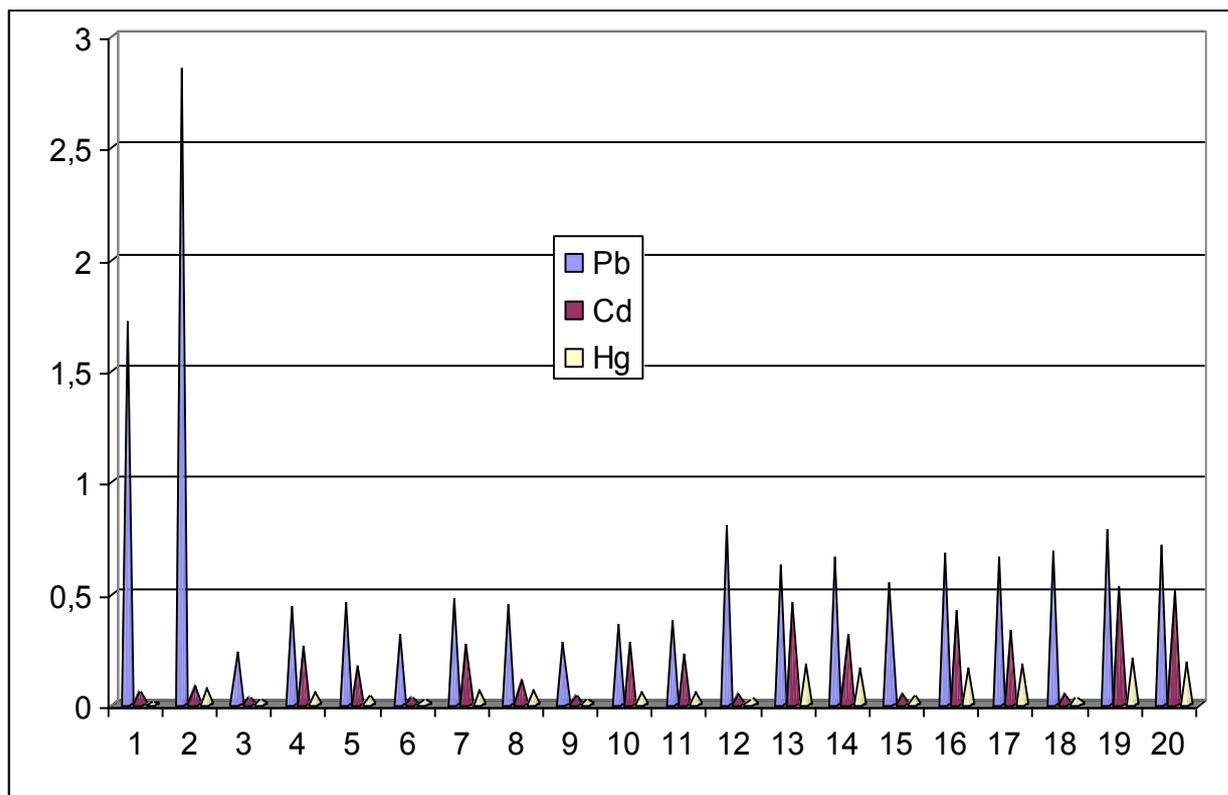


Рис. 8. Средние концентрации Pb, Cd и Hg (фон и краткосрочное загрязнение) в органах диких парнокопытных и укосах травянистой растительности ЧРБО. Для животных все данные приведены в мг/кг сырой массы ткани, для растений – в мг/кг воздушно-сухом массы. 1 – укосы трав (фон), 2 - укосы трав (загрязнение), 3 - мышцы лося (фон), 4 – почки лося (фон), 5 - печень лося (фон), 6 - мышцы кабана (фон), 7 - почки кабана (фон), 8 - печень кабана (фон), 9 - мышцы косули (фон), 10 - почки косули (фон), 11 - печень косули (фон), 12 - мышцы лося (загрязнение), 13 - почки лося (загр.), 14 - печень лося (загр.), 15 - мышцы кабана (загр.), 16 - почки кабана (загр.), 17 - печень кабана (загр.), 18 - мышцы косули (загр.), 19 - почки косули (загр.), 20 - печень косули (загр.).

В табл. 5 показаны установленные нами индикаторные возможности различных органов диких парнокопытных. Для дифференциации видов загрязнения среды - разовый выброс поллютантов или долгосрочное поступление - наиболее удобно пользоваться уровнями токсичных элементов в скелетной мышечной ткани лося, косули и кабана. Необходимо ориентироваться на нижеследующие МДУ (для мышечной ткани и внутренних паренхиматозных органов, в мг/кг сырой массы ткани, соответственно: Pb – 0,5 и 0,6; Cd - 0,05 и 0,3; Hg – 0,03 и 0,1). При незначительных концентрациях (не более установленного МДУ для мышечной ткани) мощный разовый выброс загрязнителей в окружающую среду отсутствует.

Таблица 5. Виды парнокопытных и органы-индикаторы загрязнения среды токсичными элементами

Виды парнокопытных	Органы – индикаторы		
	Мышечная ткань	Почки	Печень
Долговременное (хроническое) загрязнение			
Лось	-	Pb, Cd	-
Косуля	-	Cd	-
Кабан	-	Hg	Pb
Кратковременное (разовое) загрязнение			
Лось	Pb	Hg, Cd	Hg.Pb,Cd
Косуля	Pb, Cd	Hg, Cd	Hg.Pb,Cd
Кабан	Hg	Hg, Cd	Hg.Pb,Cd

3.6.2. Мониторинг микроэлементного статуса и его коррекция

По аналогии с предыдущим методом нами разработан способ оценки МЭ статуса. Он сводится к определению уровней МЭ на территории крупного региона с использованием органов и тканей диких парнокопытных, аналогичного мониторинга локального агропедоценоза с использованием с.х. животных и последующей интегральной оценки. В случае кризисной ситуации нами предлагается комплекс мероприятий, направленных на коррекцию МЭ статуса с.х. угодий в зависимости от степени экологического неблагополучия С.х. животных необходимо алиментарно «привязать» к оцениваемому агропедоценозу.

Нами приняты следующие критические уровни (нижний критический уровень/ верхний критический уровень) нахождения МЭ в мышечной ткани (в мг/кг сырой массы): Cu – 0,5/ 5,0; Zn – 10,0/ 70,0 Mn – 0,1/ 2,5; Se – 0,05/ 1,0. Учитывая особенности питания диких парнокопытных, осуществляемого главным образом на территории естественных биогеоценозов, сравнение фактического содержания МЭ в их мышечной ткани с критическими уровнями позволяет адекватно оценить МЭ статус региона в целом. При достаточно полной алиментарной «привязке» с.х. животных к анализируемому агропедоценозу, полученные с их помощью данные более информативны, по сравнению с исследованием уровней МЭ в почвенно-растительном комплексе.

При уровнях МЭ в мышечной ткани с. х. животных, не укладывающихся в интервал оптимальных концентраций, МЭ статус агропедоценоза нуждается в коррекции тем более значительной, чем сильнее уровень элементов отклоняется в ту или иную сторону. При превышении уровней МЭ в мясе в 1,5-2 раза выше верхнего критического уровня эксплуатацию данного агропедоценоза необходимо прекратить из-за несоответствия продукции санитарным нормам.

При пониженном уровне одного или нескольких МЭ рассчитывают коэффициент недостатка МЭ в мышечной ткани с. х. животных: $K = H_y/\Phi_c$, где К - коэффициент недо-

статка, Ну - нижний критический уровень элемента в мышечной ткани - в мг/кг сырой массы ткани, Фс - фактическое содержание элемента в мышечной ткани с. х. животных с обследуемого агропедоценоза (в мг/кг сырой массы ткани). Эксперименты, проведенные нами в АОЗТ «Нива» ЧРБО в 1999-2003 гг. позволили определить меры по коррекции МЭ-статуса агропедоценоза (табл. 6).

Таблица 6. Выбор мероприятий по коррекции МЭ статуса агропедоценоза

Тип агропедоценоза	Значение коэффициента недостатка			
	0,5 и менее	От 0,5 до 1,5	От 1,5 до 2,0	Более 2,0
Пашня	Прекращение внесения минеральных удобрений; известкование почвы	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений	Внесение специализированных микроудобрений
Сенокос	Засев многоукосными многолетниками	Умеренная эксплуатация	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений
Пастбище	Введение режима сенокоса	Умеренная эксплуатация	Внесение органических удобрений	Внесение минеральных удобрений

Внесение специализированных микроудобрений допустимо лишь в условиях пашни при значениях K более 2, во всех остальных случаях возможен эффект передозировки и загрязнения агропедоценоза биологически активными химическими элементами. При значениях менее 1 для пашни полезно прекращение внесения минеральных удобрений и известкование. Наиболее приемлемым решением для сенокосов и пастбищ при средних значениях K (0,5-1,5) является внесение органических удобрений на фоне умеренной эксплуатации.

3.6.3. Мониторинг и детоксикация стойких хлорорганических пестицидов

Как указывалось выше, фоновые уровни п,п'-ДДЭ и γ -ГХЦГ, обнаруженные нами в почвах и околопочечном жире диких парнокопытных ЧРБО и ВГБЗ, значительно ниже установленных МДУ (в околопочечном жире: ДДТ с метаболитами - до 1,0 мг/кг сырой массы ткани, ГХЦГ (сумма изомеров) - до 0,2 мг/кг; в мышцах, почках и печени: обоих пестицидов до 0,1 мг/кг). Но в конце лета - начале осени при посещении кабанями загрязненных пестицидами полей сахарной свеклы и подсолнечника, в их печени и почках нами были обнаружены концентрации в 1,5-2 раза превышающие МДУ. Сходная картина наблюдалась в случае анализа печени косули, вынужденной в конце зимы в течение длительного времени (из-за глубокоснежья) держаться в пределах лесных массивов, загрязненных стойкими ХОП. Лишь постоянно мигрирующий по территории района лось в те-

чение всего года сохраняет стабильные уровни ХОП в околопочечном жире. На основании полученных данных нами предложена методика мониторинга стойких ХОП с использованием тканей диких парнокопытных (табл. 7).

Таблица 7. Выбор оптимального периода пробоотбора, индикаторного органа и вида диких парнокопытных для мониторинга ХОП

Вид мониторинга	Период пробоотбора	Орган (ткань)	Вид животного
Общая оценка крупного района	В течение всего года	Околопочечный жир	Лось
Оценка лесного массива	Март-апрель	Печень	Косуля
Оценка агроценоза	Август-октябрь	Печень, почки	Кабан

Согласно с определенными задачами исследования, был проведен эксперимент по детоксикации стойких ХОП в организме высших млекопитающих. Ежедневно, 3-м группам крыс живым весом 150-200 г (по 10 голов), в течение 30 дней скармливали комбикорм с добавками пестицидов и выпаивали воду с аминокислотами, а также без добавок по схеме, представленной в табл. 8.

Таблица 8. Схема скармливания стойких ХОП и аминокислот крысам

Группа животных	Добавки				
	мг на 1 л воды		мг на 1 кг комбикорма		
	Метионин	Фенилаланин	п,п'-ДДТ	Линдан	Гептахлор
I опытная	50	50	1	1	1
II опытная	-	-	1	1	1
III контроль	-	-	-	-	-

В конце опытного периода мышечную и жировую ткани исследовали на содержание остаточных микроколичеств ХОП. Результаты исследований приведены в табл. 9.

Таблица 9. Результаты опыта по детоксикации ХОП в организме крыс

Группа животных/ показатель	Содержание пестицидов (мг/кг сырой ткани)					
	Жировая ткань			Мышечная ткань		
	Линдан	Эпоксид гептахлора ¹	п,п'-ДДТ	Линдан	Эпоксид гептахлора	п,п'-ДДТ
I	0,65±	3,47±	7,67±	0,033±	0,193±	Следы п,п'-ДДТ,

	0,25	0,53	0,54	0,004	0,022	п,п'-ДДЭ
II	1,73± 0,17	6,97± 0,37	13,63± 1,46	0,13± 0,017	0,300± 0,048	Следы п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ ³
III	следы ²	следы	следы	следы	следы	следы
Коэф. раз-й (t _{2,1})	3,60	2,92	3,82	5,39	2,02	-
Достовер- ность (P)	≤0,02	≤0,05	≤0,02	≤0,01	≤0,05	-

Примечание:

¹ - Эпоксид гептахлора – нормальный метаболит гептахлора в животных организмах; ² - Содержание пестицида менее 0,02 мг/кг; ³ - п,п'-ДДД и п,п'-ДДЭ – естественные метаболиты п,п'-ДДТ.

Таким образом, при поступлении в организм животных с водой, фенилаланина и метионина происходит существенное снижение остаточных концентраций ХОП (или их метаболитов) в организме высших млекопитающих. Это позволяет целенаправленно проводить детоксикацию организма диких и с.х. парнокопытных для получения экологически безопасной мясной продукции.

3.6.4. Мониторинг медь-молибденового и молибден-вольфрамового дисбаланса в организме крупного рогатого скота и среде

Медь и молибден являются «истинными МЭ» - для них известны как гипер-, так и гипомикроэлементозы. Биологическая роль вольфрама менее изучена. Существуют данные об антагонизме молибдена и вольфрама на молекулярном уровне, при действии их на активность ксантиноксидазы (КСО - ЕС 1.17.3.2). В табл. 10 приведены средние концентрации элементов в молоке и пахте, где они значительно выше, чем в других средах организма, как в условиях фона, так и в экстремальных БГХ условиях. Полученные данные по содержанию меди, молибдена и вольфрама в почве, растительности и молоке КРС позволили определить фоновые отношения концентраций элементов в пахте и разработать способ мониторинга дисбаланса уровней в парах Cu-Mo и Mo-W.

Таблица 10. Содержание меди, молибдена и вольфрама в молоке и пахте КРС из аномальных (Тырныауз, Былым) и фоновых (Кудиново, Заюково) территорий (мкг/л)

Место отбора	Молоко			Пахта		
	Cu	Mo	W	Cu	Mo	W
Кудиново	13,1±1,8	8,4±1,0	0,05±0,01	130,2±14	93±10,9	0,4±0,05
Заюково	12,5±1,7	14,4±1,5	0,8±0,02	148,3±17,8	189±20,5	0,1±0,01
Былым	52,4±7,7	42,2±5,8	0,22±0,07	110,8±12,7	174±19,2	2,0±0,3
Тырныауз	60,9±8,9	56,6±9,3	0,50±0,09	684,3±80,0	556±73,8	4,3±0,5

При мониторинге находят отношение валовых содержаний Cu/Mo и Mo/W, причем при значениях отношения Cu/Mo не превышающих 1, а отношения Mo/W не превышающих 250 считают, что дисбаланс МЭ в организме животных и среде их обитания отсутствует, а при превышении указанных значений диагностируют наличие дисбаланса МЭ.

Заключение

Проведенные исследования позволили выявить тесную взаимосвязь химического состава органов и тканей у группы видов ARTIODACTYLA со средой обитания, а также обосновать возможности их использования в качестве биологических мониторов. Так, для диагностики хронических гипо- и гипермикрэлементозов КРС целесообразно использовать ХСВ-мониторинг. Учитывая отсутствие достоверных различий в МЭ составе волос с разных участков тела животного, рекомендуется брать настриг с кисти хвоста. Необходимо также помнить о различиях в эффективности метода для оценки избыточных и недостаточных состояний разных химических элементов.

При проведении экологического мониторинга долгосрочного (хронического) загрязнения территории естественных местообитаний диких парнокопытных свинцом целесообразно использовать ткани почек лося и печени кабана; кадмием – почки лося и косули; ртутью – почки кабана.

При оценке краткосрочного (разового) загрязнения территории естественных местообитаний диких парнокопытных свинцом возможно использование мышечной ткани лося и косули, а также печени всех трёх видов; по ртути информативна мышечная ткань кабана, а также печень и почки всех трех видов; по кадмию – почки всех трёх видов.

Для определения статуса меди, цинка, марганца и селена на территории крупного (порядка 100 тысяч гектаров и более) района целесообразно определять уровни МЭ в мышечной ткани диких животных; для мониторинга локального агропедоценоза – в мышечной ткани с.х. животных. Коррекция МЭ статуса агропедоценоза возможна как путём внесения (или его отмены) органических, минеральных и специализированных микроудобрений, так и за счёт изменения режима использования (пашня, сенокос, пастбище).

Для общей оценки загрязнения стойкими ХОП территории крупного (порядка 100 тысяч гектаров и более) района наиболее информативен околопочечный жир лося; для оценки локального лесного массива – печень косули; для оценки агропедоценоза – печень и почки кабана. Для каждого вида мониторинга необходимо придерживаться определенных сроков пробоотбора.

Для обнаружения медь-молибденового и молибден-вольфрамового дисбаланса в организме КРС и среде обитания наиболее информативной биологической жидкостью яв-

ляется пахта молока. Метод позволяет получать репрезентативную информацию в условиях БГХ провинций природно-техногенного происхождения, характеризующихся повышенной мозаичностью содержания химических элементов в почвенно-растительном комплексе.

Выводы

1. По результатам проведенных системных обследований субрегионов Центрально-Черноземья (ЧРБО и ВГБЗ) установлено, что мышечная ткань, печень и почки диких парнокопытных адекватно отражают присутствие химических элементов в биомассе растений естественных местообитаний при менее выраженном уровне взаимосвязи с содержанием в почве.

2. Фоновые уровни ХОП в околопочечном жире диких и с.х. парнокопытных значительно ниже установленных МДУ, в печени и почках они ниже предела обнаружения либо обнаруживаются в следовых количествах.

3. При поступлении в организм высших млекопитающих с водой фенилаланина и метионина происходит снижение остаточных концентраций ДДТ, линдана, гептахлора и/или их метаболитов.

4. Средневзвешенные концентрации Cr, Zn, Se и Mn в кормовых растениях диких и с.х. парнокопытных различных субрегионов в пределах Центрально-Черноземного региона оптимальны. Содержание Pb и Cu в ЧРБО несколько превышает таковое в ВГБЗ. Ситуация с Cd и Hg - противоположна.

5. Из анализа крови дойных коров различных регионов РФ установлено, что по концентрации среди микроэлементов - Zn, Cu, Mn, Mo, Co, As, Se наибольшей вариабельностью отличается цинк. При этом концентрации цинка и молибдена повышены в крови животных из полиметаллических и гипермолибденовых биогеохимических провинций.

6. Экспериментальным путем установлено, что концентрационные характеристики МЭ крови КРС в пределах каждого региона РФ не подчиняются статистическому закону нормального распределения, а существенно дифференцированы. Выявлены группы животных как с низким, так и с повышенным содержанием МЭ.

7. В качестве биомонитора для диагностики хронических микроэлементозов КРС целесообразно использовать пробы волосяного покрова с кисти хвоста, в связи с тем, что различия в МЭ составе волос с разных участков тела статистически недостоверны. Различия ХСВ с кисти хвоста КРС в зависимости от цвета, пола и возраста для исследованных МЭ не достигают достоверного уровня.

8. Наибольшее диагностическое значение ХСВ проявляет в отношении гипермикрорезлементозов Cu, Sr, Co, Mo и Se; а также гипомикрорезлементоза Se. Для диагностики гипомикрорезлементозов Zn, Cu, Mn, Co и Mo, а также гипермикрорезлементоза Mn эффективность ХСВ-мониторинга средняя.

9. Накопление свинца в почках лося и печени кабана, кадмия - в почках лося и косули, а ртути - в почках кабана, связаны с долгосрочным (хроническим) загрязнением окружающей среды этими ТМ. О краткосрочном (разовом) загрязнении ТМ окружающей среды свидетельствуют высокие уровни свинца в мышечной ткани лося и косули, а также в печени всех трёх видов диких парнокопытных.

10. Установлено, что монитором краткосрочного (разового) загрязнения среды ртутью является мышечная ткань кабана, а также печень и почки всех трёх видов диких парнокопытных. При разовом загрязнении среды кадмием наиболее информативны почки любого вида животных.

11. Из результатов исследований следует, что пахта молока КРС является естественным индикатором медь-молибденового и молибден-вольфрамового дисбаланса в организме и среде обитания.

12. Установлено, что загрязнение крупного района стойкими ХОП сопровождается их накоплением в околопочечном жире лося; локального лесного массива — печенью косули; агропедоценоза — печенью и почками кабана. При этом мониторинг загрязнения стойкими ХОП локального лесного массива необходимо проводить в марте-апреле, а агропедоценоза – в августе-октябре. Мониторинг крупного района возможен в течение всего года.

13. Уровни содержания меди, цинка, марганца и селена в мышечной ткани диких парнокопытных отражают статус этих МЭ в естественных местообитаниях, а с.х. животных – агропедоценозов, с которых осуществляется их кормление. Изменение коэффициента недостатка МЭ агропедоценозов связано как с внесением (или отменой) удобрений, так и с изменением режима использования агропедоценоза.

Практические предложения

1. Методические рекомендации по использованию диких копытных в экологическом мониторинге токсичных элементов/ С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, Г.А. Дьякова, В.В. Сотников// Утверждены решением ученого Совета ВНИИ ветеринарной вирусологии и микробиологии РАСХН от 02.11.98г., протокол № 14. -Покров: ВНИИВВиМ. -1998. -16 с.

2. Методические рекомендации по оценке экологического статуса микроэлементов в агропедоценозах и мероприятия по его коррекции/ С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, А.Ю.

Гуров, Е.А. Карпова// Утверждены решением ученого Совета РГАЗУ МСХиП РФ от 10.02.99 г., протокол № 6 -Балашиха: РГАЗУ. -1998. -19 с.

3. Методические рекомендации по оценке состояния сообществ копытных животных в условиях Среднерусской лесостепи/ С.Ф. Тютиков, А.Ю. Гуров, В.В. Сотников// Утверждены решением ученого Совета РГАЗУ МСХиП РФ от 10.02.99 г., протокол № 6 - Балашиха: РГАЗУ. -1999. -14 с.

4. Рекомендации по использованию диких копытных (*A. alces* L., *C. capreolus* L., *Sus scrofa* L.) в зооиндикации загрязнения лесостепных экосистем стойкими хлорорганическими пестицидами/ С.Ф. Тютиков, А.Ю. Гуров, В.В. Сотников// Утверждены решением ученого Совета РГАЗУ МСХиП РФ от 26.05.99 г., протокол № 7 -Балашиха: РГАЗУ. - 1999. -17 с.

5. Унифицированная методика использования парнокопытных (*ARTIODACTYLA*) в биоиндикации тяжелых металлов, микроэлементов и стойких хлорорганических пестицидов (Методические рекомендации)/ С.Ф. Тютиков, А.Т. Божанский, Л.Ю. Киселев, Н.Н. Новикова, Л.В. Проскурякова, А.Ю. Гуров, В.В. Сотников // Утверждены решением ученого Совета РГАЗУ МСХиП РФ от 01.03.2000 г., протокол № 7/ Одобрены Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ 15.05.2000 г. (N 13-6-06/155). -Балашиха: РГАЗУ. - 2000. -24 с.

6. Комплексная экологически безопасная система ветеринарной защиты здоровья животных: Методические рекомендации/ Отв. за вып. член-корр. РАСХН А.Г. Шахов. -М: ФГНУ «Росинформагротех». -2000. -300 с.

7. Методические рекомендации по использованию лося, косули и кабана для биоиндикации (экомониторинга) токсичных элементов в окружающей среде лесостепных экосистем/ С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, Б.А. Мирошниченко и др.// Утверждены Департаментом ветеринарии Минсельхоза России 20.02.2004 г. –Москва: Минсельхоз. -2004. -16 с.

8. Методические рекомендации по биоиндикации микроэлементного статуса угодий и его коррекции в условиях лесостепи/ / С.Ф. Тютиков, В.В. Ермаков, Б.А. Мирошниченко и др.// Утверждены Департаментом ветеринарии Минсельхоза России 23.03.2004 г. –Москва: Минсельхоз. -2004. -17 с.

Список сокращений

БГХ-биогеохимический;
 ВГБЗ – Воронежский государственный биосферный заповедник;
 ЗБК – Забайкальский край;
 КБР - Кабардино-Балкарская Республика;
 МДУ - максимально-допустимый уровень;
 МЭ – микроэлементы;
 ПДК – предельно-допустимая концентрация;
 п,п'-ДДД — п,п'-дихлордифенилдихлорэтан;
 п,п'-ДДТ — п,п'-дихлордифенилтрихлорметилметан;
 п,п'-ДДЭ - п,п'-дихлор 2,2 бис(4 хлорфенил)этилен;
 РСО – Республика Северная Осетия – Алания;
 с.х.- сельскохозяйственные;
 ТМ – тяжелые металлы;
 ХОП – хлорорганические пестициды;
 ХСВ – химический состав волос;
 ЧРБО – Чернянский район Белгородской области;
 γ-ГХЦГ - γ-изомер 1,2,3,4,5,6 гексахлорциклогексана.

Список опубликованных работ по теме диссертации

а) монография:

1. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных/ Отв. ред. акад. Россельхозакадемии В.Т. Самохин. –М.: Наука, 2008. -315 с.

б) статьи в журналах, включенных в перечень ВАК:

2. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Исследования уровней хлорорганических пестицидов у высших млекопитающих// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -1999. -№ 2. -С. 72-74.

3. Тютиков С.Ф., Гуров А.Ю., Сотников В.В. Экологический биомониторинг токсичных элементов посредством определения их концентраций в органах диких парнокопытных// Сельскохозяйственная биология. –1999. -№2. -С. 116-119.

4. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Содержание ртути и селена в органах животных и компонентах биогеоценоза Центрального Черноземья// Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. -1999. -№ 3. -С. 37-39

5. Тютиков С.Ф. Зооиндикация загрязнения среды стойкими хлорорганическими пестицидами// Сельскохозяйственная биология. -1999. -№ 4. -С. 112-114.
6. Тютиков С.Ф., Гуров А.Ю., Сотников В.В. Состояние популяций диких копытных в Центральном Черноземье// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -1999. -№ 6. -С. 78-80.
7. Тютиков С.Ф., Гуров А.Ю., Проскуракова Л.В. Обоснование методики оценки экологического статуса микроэлементов в агробиоценозах// Сельскохозяйственная биология. -1999. -№ 6. -С. 114-118.
8. Тютиков С.Ф. Ртуть в окружающей среде и организме животных в Центральном Черноземье// Гигиена и санитария. -1999. -№ 3. -С. 13-15.
9. Тютиков С.Ф. Анализ распространения тяжелых металлов в биологических объектах и окружающей среде// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2000. -№ 2. -С. 49-51.
10. Новикова Н.Н., Тютиков С.Ф. Методика оценки микроэлементного статуса региона с использованием диких копытных животных// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -2000. -№ 4. -С. 66-67.
11. Тютиков С.Ф. Содержание токсических элементов в органах диких копытных и сельскохозяйственных животных// Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. -2000. -№ 6. -С. 34-36.
12. Тютиков С.Ф. Копытные в зоологической индикации хлорорганических пестицидов// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -2000. -№ 6. -С. 66-67.
13. Тютиков С.Ф., Гуров А.Ю. Методика зооиндикации микроэлементного статуса территорий с использованием диких копытных// Гигиена и санитария. -2000. -№ 4. -С. 68-69.
14. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Дьякова Г.А., Сотников В.В. Дикие копытные для биоиндикации элементов в окружающей среде// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -2001. -№ 2. -С. 52-54.
15. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Оценка содержания ртути в организме животных и окружающей среде// Сельскохозяйственная биология. -2001. -№ 2. -С. 64-67.
16. Тютиков С.Ф. Современные методы биологической индикации// Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -2010. -№1. -С. 61-63.
17. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Географическое варьирование содержания микроэлементов и биохимических показателей в крови и молоке крупного рогатого скота// Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. -2010. № 3. -С. 43-46.

18. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Хушвахтова С.Д. и др. Особенности количественного определения селена в биоматериалах// Вестник Тюменского гос. университета. -2010. -№ 3. -С. 206-214.

19. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Экологический мониторинг Cu-Мо и Мо-W дисбаланса у сельскохозяйственных парнокопытных// Вестник Российской сельскохозяйственной науки (Научн.-теор. ж-л). -2015. -№ 3. -С. 35-37.

20. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Диагностика хронических микроэлементозов КРС по химическому составу волос Вестник Российской сельскохозяйственной науки (Научн.-теор. ж-л). -2015. -№ 5. -С. 61-63.

21. Ермаков В. В., Петрунина Н.С., Тютиков С.Ф. и др. Концентрирование металлов растениями рода *Salix* и их значение при выявлении кадмиевых аномалий// Геохимия. -2015. -№ 11. –С. 978-990. DOI: 10.7868/S0016752515110023.

в) патенты на изобретения:

22. Патент РФ на изобретение № 2266537 (RU 2 266 537 C2 G01N 33/02, 33/18, 33/24) «Способ экологической оценки загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами»// Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 20.12.2005 г. Бюлл. № 35.

23. Патент РФ на изобретение № 2267781 (RU 2 267 781 C1 G01N 33/02, 33/18, 33/24) «Способ оценки загрязнения территорий пестицидами»// Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В, Проскурякова Л.В. Дата публикации: 10.01.2006 г. Бюлл. № 1.

24. Патент РФ на изобретение № 2280869 (RU 2 280 869 C1 G01N 33/50, 33/12) «Способ оценки микроэлементного статуса региона»// Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Проскурякова Л.В. Дата публикации: 27.07.2006 г. Бюлл. № 21.

25. Патент РФ на изобретение № 2375710 (RU 2 375 710 C1 G01N 33/00) «Способ определения экологического статуса территории на содержание стронция» // Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 10.12.2009 г. Бюлл. № 34.

26. Патент РФ на изобретение № 2430355 (RU 2 430 355 C1 G01N 33/00) «Способ определения экологического статуса территорий по содержанию селена» // Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 27.09.2011 г. Бюлл. № 27.

27. Патент РФ на изобретение № 2458524 (RU 2 458 524 C1 A23K 1/10) «Способ детоксикации хлорорганических пестицидов в организме животных» // Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 20.08.2012 г. Бюлл. № 23.

28. Патент РФ на изобретение № 2477483 (RU 2 477 483 C1) «Способ диагностики хронических микроэлементозов сельскохозяйственных копытных животных» // Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 10.03.2013 г. Бюлл. № 7.

29. Патент РФ на изобретение № 2486507 (RU 2 486 507 C1) «Способ биогеохимического мониторинга загрязнения среды кадмием» // Авторы: Петрунина Н.С., Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Проскуракова Л.В., Дегтярев А.П., Кречетова Е.В. Дата публикации: 27.06.2013 г. Бюлл. № 18.

30. Патент РФ на изобретение № 2542236 (RU 2 542 436 C1 G01N 33/04 G01N 33/55) «Способ биохимической диагностики микроэлементного дисбаланса у сельскохозяйственных копытных животных»// Авторы: Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Дата публикации: 20.02.2015 г. Бюлл. № 5.

г) статьи и материалы конференций:

31. Тютиков С.Ф. Геохимическая экология диких животных Центрального Черноземья// Труды Биогеохимической лаборатории. Т. 24 «Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы» -М.: Наука. -2003. -С. 262-273.

32. Тютиков С.Ф. Проблемы экологии диких копытных Среднерусской лесостепи// Мат. междунар. научно-практ. конф. 16-18 апреля 2002 года «Биолого-экологические проблемы заразных болезней диких животных и их роль в патологии сельскохозяйственных животных и людей» -Покров: ВНИИВВиМ. -2002. -С.62-64.

33. Тютиков С.Ф. Эколого-биогеохимический мониторинг территорий с использованием диких копытных// Мат. IV Росс. Биогеохим. школы «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы», посвящ. 75-летию организации В.И. Вернадским Биогеохимической лаборатории - БИОГЕЛ- и 50-летию создания мемориального кабинета-музея В.И. Вернадского (3-6 сентября 2003 г., Москва) -М.: Наука. -2003. -С. 289-291.

34. Tjutikov S.F. Geochemical role of animals and problems of biogeochemical indication// Pres. of Russian-Japan workshop «Problems of geochemical ecology, diagnostic of microelementoses and their correction». 10-th October, 2005. –Moscow: Nauka. -2005. –P. 122-127.

35. Петрунина Н.С., Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. и др. Биогеохимическое выявление природно-техногенных полиметаллических аномалий в бассейне р. Ардон (Северная Осетия)/ Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. -2006. -№ 1 (1). -С. 90-97.

36. Сафонов В.А., Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Селен в крови крупного рогатого скота двух регионов России// Докл. IV Междунар. научно-практ. конф. «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде». –Семипалатинск. -2006. -Т.2. -С. 92-95.

37. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Биогеохимическая индикация состояния и функционирования таксонов биосферы// Докл. IV Междунар. научно-практ. конф. «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде». –Семипалатинск. -2006. -Т.2. -С. 559-564.

38. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Биогеохимическая индикация микроэлементов// Докл. Междунар. научн. конф. (к 90-летию А.И. Перельмана) «Геохимия биосферы» (Москва, 15-18 ноября 2006 г.) – Москва-Смоленск. -2006. -С. 365-367.

39. Tyutikov S. Boar and roe deer as biomonitors of ecological state of areas// *Ecologica* –Beograd. -2006. -Godina XIII. -№ 48. -P. 13-16.

40. Тютиков С.Ф. Дикие копытные – биогеохимические индикаторы// Мат. междунар. научно-практ. конф. «Биогеохимия элементов и соединений токсикантов в субстратной и пищевой цепях агро- и аквальных систем» (Тюмень, 2007). –Тюмень: ТГСХА. -2007. -С.147-150.

41. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Дикие копытные – индикаторы экологического состояния территорий// Сб. мат. II междунар. конф. «Современные проблемы геоэкологии и сохранение биоразнообразия» –Бишкек. -2007. -С. 84-86.

42. Соболева А.Н., Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Особенности аккумуляции меди и молибдена организмами в экстремальных геохимических условиях// Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. -2007. -№ 2 (4). -С. 72-79.

43. Дегтярев А.П., Кречетова Е.В., Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Биогеохимическая оценка природно-техногенных стронциевых провинций// Мат. IV Междунар. совещ. «Геохимия биосферы». – Новороссийск. -2008. -С.62-63.

44. Gabrashanska M., Daskalova A., Anisimova M., Ermakov E., Tyutikov S. Trase element levels in a host-parasit system in wild cloven-footed animals// *Ecologica/ Posebno tematsko izdanje broj 15 – Godina XV – 2008/ Medunarodna konferencija «Zivotna sredina danas»/ Int. conf. on «Environment today» (Beograd, 21-23 april 2008).* –Beograd. -2008. -P. 19-24.

45. Петрунина Н.С., Дегтярев А.П., Тютиков С.Ф. и др. Биогенная миграция тяжелых металлов в условиях природно-техногенных экосистем// Мат. VI Росс. Биогеохим. школы «Биогеохимия в народном хозяйстве: фундаментальные основы ноосферных технологий», посвящ. 80-летию организации В.И. Вернадским Биогеохимической лаборатории - БИОГЕЛ (22-25 сентября 2008 г., г. Астрахань) -Астрахань: АГТУ. -2008. -С. 93.

46. Тютиков С.Ф., Анисимова М.В., Габрашанска М.П., Ермаков В.В. Биогеохимическая индикация: использование диких копытных// Мат. VI Росс. Биогеохим. школы «Биогеохимия в народном хозяйстве: фундаментальные основы ноосферных технологий», посвящ. 80-летию организации В.И. Вернадским Биогеохимической лаборатории - БИОГЕЛ (22-25 сентября 2008 г., г. Астрахань) -Астрахань: АГТУ. -2008. -С. 134-135.

47. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Химический элементный состав живого вещества// Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. -2008. -№ 3 (7). -С. 3-16.
48. Tyutikov S. Assesment of present methods for biological indication// Book of abstracts of Int. scient. Conf. «Globalization and environment» (Beograd, 22-24. april 2009) - Beograd. -P.125.
49. Tyutikov S. Some present methods for ecological bioindication// Сб. мат. Междунар. конф. «Биосферные территории Центральной Азии как природное наследие (проблемы сохранения, восстановление биоразнообразия) –Бишкек. -2009. –С. 218-219.
50. Tyutikov S. Estimation of some modern methods of biological indication// Ecologica. –Beograd. -2009. -№ 55. Godina XVI. -P.350-352.
51. Tyutikov S., Ermakov V., Gabrashanska M., Anisimova M. Present methods for biogeochemical indication of microelementoses of animals// Proc. Of 7-th Int. symp. on trace elements in human: new perspectives (2009, October 13-th - 15-th, Athens, Greece) –Athens. - 2009. – P. 378-379.
52. Tyutikov S., Ermakov V. Reaction of animal organisms in extremal biogeochemical situation// Book of abstracts by Int. scient. conf. on «Environment and biodiversity» (Beograd, 2010, april 22-24). –Beograd. -2010. -P.23.
53. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В., Габрашанска М.П. и др. Ртуть и селен в организме диких и домашних животных// Мат. междунар. симп. «Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты» (Россия, Москва, 7-9 сентября 2010 г.). –М: ГЕОХИ. -2010. -С. 326-330.
54. Tyutikov S.F., Ermakov V.V. Geographic variation of the content of microelements and biogeochemical indeces in cattle blood and milk// Rus. Agricult. Sci. -2010. -Vol. 36. -№ 3. -P. 201-204.
55. Развитие идей континентальной биогеохимии и геохимической экологии (2006-2010 гг.)/ Колл. авт. с под общ. ред. д.б.н., проф. Ермакова В.В. –Москва: ГЕОХИ. -2010. ISBN 978-5-905049-01-9. -364 с.
56. Ermakov V.V., Jovanovic L.N., Tyutikov S.F. et al. Functional differentiation of metals in the local biogeochemical cycles// Book of abstracts by Int. scient. conf. on «Sustainable development in the function of environment protection» (Beograd, april 18-20, 2011). – Beograd. -2011. -P. 127.
57. Тютиков С.Ф., Ермаков В.В. Биогеохимическая диагностика селеновых микроэлементозов// Мат. VII Биогеохим. Школы «Фундаментальные и инновационные аспекты

биогеохимии» (г. Астрахань, 12-15 сентября, 2011 г.) –М: ГЕОХИ. ISBN 978-5-905049-03-3. -2011. -С. 297-300.

58. Safonov V., Tyutikov S., Ermakov V. et al. Biological indication of selenium ecological status// Pros. of the Third Int. conf. «Research people and actual tasks on multidisciplinary sciences» (Lozenec, Bulgaria, 8-10 June, 2011). –Lozenec. -2011. -Vol.3. -P. 256-260.

59. Ermakov V., Tyutikov S., Buryak A. et al. The biological role of tungsten at various contents of molybdenum and copper in the medium// Мат. VIII Биогеохим. школы «Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы», посвящ. 150-летию со дня рождения академика В.И. Вернадского (Гродно, 13-15 сентября 2013 г.) – М.: ГЕОХИ. -2013. -С. 295-298.

60. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Данилова В.Н. и др. Особенности аккумуляции молибдена, меди и рения в биогеохимической пищевой цепи// Вестник РФФИ. -2013. - №1 (77). -С. 34-38.

61. Ermakov V., Tyutikov S., Danilova V. et al. Accumulation of metals by milk xanthine oxidase// Proc. of the 8-th workshop on biological activity of metals, synthetic compounds and natural products (November 27-29, 2013, Sofia, Bulgaria) –Sofia. -2013. P. 129-132.

62. Тютиков С.Ф. Химический элементный состав волосяного покрова животных в диагностике хронических микроэлементозов// Труды IX Междунар. биогеохим. школы «Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии» (24-28 августа 2015 г., г. Барнаул). –Барнаул. -2015. –Т.2. -С. 100-103.

63. V.V. Ermakov, E.M. Korobova, A.P. Degtyarev, S.F. Tyutikov, et al. Impact of natural and man-made factors on migration of heavy metals in the Ardon river basin (North Ossetia)// J. of Soil and Sediment. -2015. ISSN 1439-0108. DOI 10.1007/s11368-015-1247-7.

64. Ermakov V.V., Petrunina N.S., Tyutikov S.F. et al. Concentrating Metals by Plants of the Genus Salix and Their Importance for Identification of Cd Anomalies// Geochemistry International. -2015. –Vol. 53. - № 11. –P. 951-963.