

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.А. ЕЖЕВСКОГО»

На правах рукописи



Зольникова Ирина Фаритовна

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АДАПТАЦИИ
ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И НАДПОЧЕЧНИКОВ ОНДАТРЫ В
ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И ПРИ
АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и
морфология животных

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
доцент Силкин Иван Иванович

Иркутск – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	9
2.1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	9
2.1.1 Морфофункциональные изменения щитовидной железы животных и человека при действии факторов антропогенной и природной среды.....	9
2.1.2 Морфофункциональные изменения надпочечников животных и человека при действии факторов антропогенной и природной среды.....	19
2.1.3 Использование животных в качестве биологических индикаторов.....	28
2.2 СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	40
2.2.1 Материалы и методы исследований.....	40
2.2.2 Экологическая характеристика города Иркутска.....	44
2.2.3 Экологическая характеристика района дельты реки Селенги.....	51
2.2.4 Морфофизиологическая характеристика ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги.....	54
2.2.5 Эффекты взаимодействия исследуемых факторов в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги.....	59
2.2.6 Структурно-функциональная характеристика щитовидной железы ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги.....	61
2.2.7 Структурно-функциональная характеристика надпочечников ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги.....	69
2.3 АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	78
3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
3.1 ВЫВОДЫ	83
3.2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ	85
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	86
ПРИЛОЖЕНИЯ	111

1 ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. По данным всемирной организации здравоохранения в большей степени распространены территории с пониженным содержанием йода в окружающей среде. Как правило, многие из этих природных очагов имеют древнее происхождение, которые связаны с эпохой последнего оледенения и самым молодым из них по меньшей мере по мнению многих ученых существуют 10 тысяч лет. Однако происходящие современные процессы в мире характеризуются изменением эволюционно сформировавшейся геологической ситуации вследствие глобальных процессов в биосфере, обусловленных хозяйственной деятельностью человека. Основным показателем этого является изменение границ биогеохимических провинций, то есть подвижностью эндемий. Поэтому эндемические болезни, в частности зоб, имея богатейшую историю в прошлом, могут стать прообразом будущих заболеваний человечества [82].

Рост тиреоидной патологии прямо пропорционален загрязнению окружающей среды. Отмечены очаги зобной эндемии там, где не было природного дефицита йода. Множество антропогенных факторов влияет на структуру и функцию щитовидной железы (серосодержащие органические вещества, флавоноиды, полициклические ароматические углеводороды, полигидрокси- и производные фенола, фталевые эфиры и метаболиты, радиоактивные излучения и др.). Итогом их действия является морфофункциональная перестройка паренхимы щитовидной железы, пролиферация железистых клеток, перестройка фолликулярной организации, сбоя биосинтеза тиреоидных гормонов (окисление, органификация и конденсация). Щитовидная железа может депонировать в своей паренхиме химические загрязнители. Механизм повреждающего действия химических загрязнителей изучен слабо [13, 20, 69, 89, 116, 138, 139, 148, 169, 185 и др.]

Проблема йоддефицитных заболеваний высоко актуальна для населения Восточной Сибири, территория которой относится к биогеохимическим провинциям, характеризующиеся низким содержанием йода в биосфере и имеют большое распространение очаги эндемического зоба. Более того современная эндемическая ситуация усугубляется высоким уровнем антропогенного загрязнения окружающей среды, суровыми климатическими условиями, способствующими низкому очищению окружающей среды. Все эти факторы, определяя многообразие патогенетических механизмов, создают предпосылки для массовой заболеваемости щитовидной железы населения и необходимости ее изучения [76, 82].

Ондатра известна практически каждому. Этот североамериканский зверек из подсемейства полевок был завезен в Россию из Канады в первой половине XX века. Она успешно акклиматизировалась, широко расселилась по всей стране, проникла в Среднюю Азию, Монголию, Китай и Корею. В Иркутской области акклиматизацией ондатры начали заниматься в 1935 году [15, 18].

В самом Иркутске ондатра живет в черте города, в районе природоохранной зоны Ново-Ленинских озер и по берегам Иркутского водохранилища, принимая непосредственное участие в экологическом равновесии. В связи с этим ондатра представляет собой интересный объект для исследования механизмов адаптации, поскольку считается экологически пластичным видом, в то же время способная обитать лишь вблизи водоема, имеет непосредственный контакт не только с почвой, но и с водой. Данный вид мелких млекопитающих благодаря многочисленности, широте распространения и удобству изучения может успешно использоваться в разнообразных экологических исследованиях в качестве тест-объекта [16, 106, 107, 108, 113].

Метод морфофункциональных индикаторов часто используется в эколого-физиологических исследованиях. Он позволяет более объективно

оценить реакцию организма на конкретные природно-климатические факторы и в условиях техногенных загрязнений [35, 78, 79, 87, 88 и др.]

Цель и задачи исследований

Настоящая работа является самостоятельным разделом общей комплексной темы кафедры специальных ветеринарных дисциплин Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (номер государственной регистрации 114121670038).

Целью настоящих исследований являлось изучение морфофункционального состояния органов эндокринной регуляции (щитовидной и надпочечной желез) ондатры обитающей на территории Байкальского региона в естественной среде обитания и в условиях городской среды (г. Иркутск).

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- оценить экологическую обстановку исследуемых районов обитания ондатры;
- изучить и провести анализ морфофизиологических характеристик ондатры населяющих исследуемые районы;
- изучить и провести сравнительную морфофункциональную характеристику щитовидной железы ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги;
- изучить и провести сравнительную морфофункциональную характеристику надпочечников ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги;
- провести комплексный анализ воздействия биогеохимических условий, антропогенных факторов, пола и репродуктивного статуса на морфофункциональное состояние эндокринных желез ондатры.

Научная новизна и ценность полученных результатов. В работе впервые представлены результаты исследований морфофункциональных

особенностей щитовидной железы и надпочечника ондатры, обитающей на территории природной биогеохимической провинции Байкальского региона и в различных условиях антропогенной среды города Иркутска. Условия существования в одной конкретной городской среде могут существенно различаться, что зависит от степени воздействия антропогенных факторов. Установлено единовременное увеличение функциональной активности щитовидной железы и надпочечника под воздействием экстремальных биогеохимических факторов среды, что выражается в неспецифической адаптивной реакции живого организма.

Теоретическая и практическая значимость. Данные полученные в результате проведенных нами исследований касающихся особенностей морфофункциональной организации органов эндокринной системы самцов и самок ондатры на территориях подверженных действию техногенных факторов и в естественных природных условиях можно будет использовать в качестве критериев оценки воздействия выбросов промышленного производства и урбанистической деятельности на живой организм млекопитающих. В работе выявлена значимость ондатры как биологического индикатора состояния окружающей среды. На практике был апробирован новый, ранее не используемый в эколого-гистологических исследованиях Байкальского региона биоиндикатор – ондатра (*Ondatra zibethica*). Полученные сведения дают более объективную оценку экологической обстановки исследуемых районов о степени воздействия природно-климатических и антропогенных факторов на живой организм, поскольку обнаружен ряд особенностей в действии этих факторов на морфофункциональные показатели и состояние органов эндокринной регуляции. Биометрические исследования тканевых и клеточных структур щитовидной железы и надпочечников могут быть использованы как базовые (нормативные) при изучении влияния природно-климатических и антропогенных факторов на эти органы, степени техногенных загрязнений в

данном регионе и могут быть использованы для прогноза влияния биогеохимических условий на состояние биоты.

Внедрение исследований. Полученные данные используются в практической, учебной и научной работе кафедр анатомии, физиологии и микробиологии Иркутского государственного аграрного университета, лабораторной диагностики Иркутского государственного медицинского университета, лучевой и клинической лабораторной диагностики Иркутской государственной медицинской академии последипломного образования Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, зоологии и физиологии Алтайского государственного университета, терапии и фармакологии Алтайского государственного аграрного университета, анатомии, физиологии, фармакологии Бурятской государственной сельскохозяйственной академии, Иркутской межобластной ветеринарной лаборатории, института естественных наук Северо-Восточного федерального университета (Якутск), центральной научно-исследовательской лаборатории Иркутской государственной медицинской академии последипломного образования Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, клинико-диагностической лаборатории Иркутского областного клинического консультативно-диагностического центра.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на XII Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы современной науки» (Томск, 2018), Международной конференции «Пресноводные экосистемы – современные вызовы» (Иркутск, 2018), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию проф. Васильева К.А. «Проблемы видовой и возрастной морфологии» (Улан-Удэ, 2019), XX Национальной научно-практической конференции с международным участием по патологической анатомии животных «Актуальные вопросы патологии, морфологии и терапии животных» (Уфа, 2020).

Основные положения, выносимые на защиту.

В естественных природных условиях Байкальского региона существования ондатры выявлены особенности структуры и функции щитовидной железы и надпочечника.

У ондатры обитающей на урбанизированной территории города Иркутска отмечены структурно-функциональные особенности щитовидной железы и надпочечника, свидетельствующие об увеличении индексов функциональной активности эндокринных органов.

Морфофункциональная активность органов эндокринной системы ондатры различна внутри территории Иркутска и зависит от конкретного района города где обитает популяция ондатры.

При одновременной стимуляции функциональной активности щитовидной железы и надпочечника животных в естественных природных условиях и под влиянием антропогенных факторов наблюдается неспецифическая адаптационная реакция организма, не сопровождающаяся патологическими изменениями.

Публикации. Основное содержание работы отражено в 8 научных трудах, из них 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации и 1 статья в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 121 страницах компьютерного текста, состоит из следующих разделов: введения, обзора литературы, собственных исследований, анализа и обсуждение полученных результатов, выводов, практических предложений. Список использованной литературы включает 193 источников, в том числе 56 иностранных. Работа иллюстрирована 9 таблицами и 17 рисунками.

2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

2.1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

2.1.1 Морфофункциональные изменения щитовидной железы животных и человека при действии факторов антропогенной и природной среды

Общеизвестно, что многие техногенные факторы (химические вещества, мутагены, радионуклиды и др.) способствуют индукции развития компенсаторных и патологических изменений щитовидной железы, сопровождающиеся модуляцией синтеза ДНК и пролиферацией железистых клеток ведущие к перестройки фолликулярной организации органа. Щитовидная железа имеет свойство депонировать в своей паренхиме химические загрязнители, поэтому изменение морфологии щитовидной железы, её лимфоидная и плазматическая инфильтрация при эндемическом зобе обусловлена экологическими факторами [20, 22, 41, 43, 51, 61, 91 и др.]

Ухудшение экологической обстановки окружающей среды на территории России, в том числе и в йоддефицитных регионах, значительно повышает риск развития заболеваний щитовидной железы. Так, загрязнённость атмосферного воздуха повысила вероятность заболеваемости раком щитовидной железы у женщин. Отмечено, что практически все загрязнители обладают прямым или опосредованным струмогенным действием и вызывают недостаточное поступление йода в щитовидную железу. Антропогенное загрязнение питьевой воды, наряду с другими факторами окружающей среды, является интенсивным фактором воздействия на гормональную систему.

При действии серосодержащего газа увеличивалось количество интерфолликулярных островковых клеток с формированием в них новых фолликулов [64, 118].

Наличие в воздухе паров фенола, сернистого ангидрида, диоксида азота, оксида углерода в концентрациях, не превышающих ПДК, паров бензина, незначительно превышающих ПДК, технического углерода в концентрациях в 2-3 раза превышающих ПДК способствует развитию диффузной гиперплазии щитовидной железы [41].

В Томской области дефицит йода незначителен и не оказывает существенного влияния на патологию щитовидной железы, в большей степени это связано с природными геохимическими факторами: высокая концентрация хрома в почвах и хрома, брома, урана, лантана, железа в воде [38].

Негативное влияние на морфофункциональное состояние щитовидной железы в Башкирии является дефицит микроэлементов таких как железо, хром, селен, марганец и медь [120].

При проведении исследования щитовидной железы у жителей Чувашии ученые пришли к выводу, что высокие концентрации кремния в щитовидной железе неблагоприятно воздействуют на белковый обмен, вызывают усиление функциональной напряженности железы способствуя её гиперплазии [115].

Исследуя йоддефицитный фактор в патологии щитовидной железы в различных районах Дагестана ученые обнаружили, что в различной степени выражены струмогенные факторы и лишь одним из которых является степень йододефицита [1].

Сочетанное действие фтористого загрязнения и дефицита йода в Иркутской и Кемеровской области является главным фактором патологии щитовидной железы у населения, поскольку фтор является биологическим конкурентом йода способным вытеснять последний из тиреоидного гормона [19, 50, 132].

Промышленные территории Ростовской области где отмечено значительное загрязнение почвы тяжелыми металлами такими как свинец и цинк с превышением ПДК до 76-88 % соответственно и низким концентрацией йода в воде и почве сопровождается развитием структурных нарушений паренхимы щитовидной железы и изменение структуры железы [91].

Патология щитовидной железы у людей, проживающих на территории Приморского края не всегда зависит от дефицита йода в почве и воде.

Болезни щитовидной железы представляют собой экологически обусловленные факторы техногенного происхождения с превышением концентрации в почве мышьяка, свинца, кадмия, кобальта, стронция, никеля и хрома [7, 62].

В условиях хронического действия гидроаэрозоля никеля в условиях гидрOMETаллургического производства проявляется увеличение количества тироксина и снижение концентрации тиротропина. Развитие хронической никелевой интоксикации сопровождается повышением функциональной активности щитовидной железы и выраженными изменениями показателей липидного обмена [85].

Анализ структурно-функционального состояния щитовидной железы белых крыс, подвергнутых воздействию водных растворов солей тяжёлых металлов показал существенные нарушения организации паренхимы и стромы. Под влиянием солей кобальта и кадмия, а также при свинцовой интоксикации практически утрачивается фолликулярная структура, что сопровождается распространённым некрозом паренхиматозных клеток – тиреоцитов фолликулярного эпителия. Наблюдается резко выраженная десквамация тиреоцитов, значительный объём вторичных изменений, снижение относительного объёма коллоида [51].

При комбинированном (последовательном и совместном) воздействии малых концентраций хлорорганических и фосфорноорганических пестицидов вызывают гиперфункцию щитовидной железы, а при хронической интоксикации хлор и фосфорноорганические пестициды (гексахлоран и рогор) вызывают гипофункцию [5, 40].

Вследствие отравления фосфорноорганическими веществами происходит угнетение симпатической медиации, которое приводит щитовидную железу в гипотиреоидное состояние [124].

Действие стандартного гербицида содержащего в своем составе 2,4-деамитаминовые соли (50 %), хлорфенолы (около 2 %), 2,4-дихлорфенола (0,25 %) и другие хлорорганические соединения (1,5 %) на организм белых беспородных крыс в дозе ЛД₅₀ вызывало в щитовидной железе животных увеличение размеров фолликулов и количества тироцитов уплощенной формы, ядра тироцитов вариабельной формы, чаще мелкие, просветленные, в некоторых клетках они почти неразличимы, отмечен кариолизис, кровеносные сосуды расширены, отмечается явление застоя крови [55].

Изучение функциональной активности состояния щитовидной железы продуктивных животных в условиях антропогенного загрязнения внешней среды выбросами медно-серного комбината и при йодной недостаточности в Оренбургской области показало снижение показателей трийодтиронина, тироксина тироксинсвязывающего глобулина в крови у молодняка крупного рогатого скота и поросят [9, 116].

Исследуя щитовидную железу грызунов полевок-экономок на территории повышенного уровня естественной радиоактивности было отмечено, что накапливаясь в повышенных количествах природный уран в щитовидной железе вызывает понижение высоты и объёмной плотности фолликулярного эпителия, увеличение объёмной плотности коллоида и парафолликулярных клеток, изменение формы фолликулов, нарушение кровообращения, пикноз ядер тироцитов, а также нарушает процесс интратироидного метаболизма йода, что приводит к развитию гипофункции железы и нарушению горманопозза. [73, 94, 95].

Однократное применение крысам смешанного оксида обедненного урана вело к угнетению гормонообразования щитовидной железы, вызывало признаки фолликулообразования [114].

Действие в течении 60 дней на организм мышей линии СВА ацетата свинца вызывало в щитовидной железе значительное снижение паренхимостромального соотношения, увеличивается диаметр и объем фолликулов которые располагаются более рыхло из-за отёка стромы и дилатации сосудов.

Каждая долька как правило содержит 1-2 крупных, 3-5 средних и 7-9 мелких фолликулов [61].

При сочетанном воздействии угольно-породной пыли, содержащей свободный кристаллический оксид кремния, железо, марганец отмечено повышение количества дегенеративных А клеток в 4,2 раза и клеток Ашкинази на 85 % с признаками вакуолизации и дистрофии, снижение количество С-клеток на 77 %. Цитохимическое исследование показало, что в клетках Ашкинази снижено количество «оксидазных» гранул на 30 %, повышено содержание фосфолипидов на 31 %, гликозаминогликанов в 2,2 раза, гликопротеинов на 64 % и содержание гликогена снижалось на 54 % [14].

Применение цеолитов в кормлении песцов и лис сопровождалось изменением структуры щитовидной железы в сторону уменьшения количества крупных фолликулов, снижения пролиферативных процессов, формирования резорбционных вакуолей в коллоиде [136].

Действие акриламида, вещества образующего при приготовлении пищевых продуктов проявляется сопряженность морфофункциональных и кариологических показателей клеток щитовидной железы сопровождающееся повышением функциональной активности оцениваемой по увеличению доли коллоида с резорбцией вызывая цитогенетические нарушения и изменение пролиферации клеток железы [3].

Использование антибиотика актиномицина D и фунгицида циклогексимида нарушает биосинтез йодтиронинов и вызывает ультраструктурные изменения тиреоцитов, заключающиеся в увеличении доли инертного гетерохроматина, сегрегации ядрышек в ядре, редукции гранулярной эндоплазматической сети с увеличением количества вторичных лизосом с гомогенным содержимым [126].

На сегодняшний момент имеется целая группа химических веществ, существенно влияющая на эндокринную систему живого организма человека и животных – это эндокринные дизрапторы, обусловившее новое направление исследований в гуманитарной и ветеринарной эндокринологии [133, 134].

Эндокринные дизрапторы – эндогенные вещества антропогенного происхождения, которые попадая в организм связываются с рецепторами гормонов и оказывают гормоноподобные эффекты, а также нарушают секрецию гормонов эндокринных желез, что приводит к нарушению гормональных механизмов эндогенной регуляции метаболических процессов и адаптивной реакцией организма человека и животных. Они соединяются в качестве лигандов с рецепторами гормонов клетки, которая в итоге отвечает на эти сигналы гормоноподобными эффектами. Иными словами, эти вещества играют роль псевдогормонов, так как вызываемые ими гормональные эффекты физиологически не обусловлены, при этом они способны выступать не только в роли агонистов рецепторов, но и антагонистов. Сегодня имеются данные, что эндокринные дизрапторы могут влиять не только на уровне рецепторов гормонов, но и на этапах метаболизма гормонов и их предшественников. Эндокринные дизрапторы могут нарушить активность щитовидной железы воздействием на рецепторы к ТТГ, на функцию Na/I-симпортера и/или тиреоидной пероксидазы (ТПО). Подвергнуться воздействию эндокринных дизрапторов могут и транспортные белки гормонов щитовидной железы. [21, 69, 133, 134, 135, 142, 144, 146, 147, 155, 159, 160, 166, 170, 173, 178, 179, 187, 193].

К числу эндокринных дизрапторов относят различные классы химических веществ: (дихлордифенилтрихлорэтан и его метаболиты), полихлорированные бифенилы, бисфенол А, полибромидные дифениловые эфиры, фталаты и ряд других веществ. Эти вещества широко используются в промышленности и сельском хозяйстве, наиболее широко применяемые и оказывающие существенное влияние на органы эндокринной регуляции рассмотрены нами в обзоре доступной литературы.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) – используются в производстве хладагентов, смазочных материалов, бензола – эти вещества снижают уровень циркулирующего T_4 у животных и человека вызывая состояние относительного гипотиреоза [69, 147, 155].

Бисфенол А в одних только США производится около 800 млн. кг в год и используется в производстве пластмасс, поликарбоната, эпоксидных смол, тары для пищевых продуктов. Достоверно установлено, что данное химическое вещество может связываться с рецепторами тиреоидных гормонов и ингибировать влияние T_3 на тиреоидные рецепторы вызывая тем самым клеточную пролиферацию [142, 144, 160, 170, 173].

Дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) – относительно давно снят с производства и не применяется, но в середине 70^{-х} годов прошлого века широко использовался в сельском хозяйстве и в быту как пестицид и инсектицид. В силу устойчивости данного вещества и способности накапливаться отголоски его широкого использования до сих пор сказываются на работе организма человека и животных, в частности эндокринной системе.

Длительное потребление низких доз ДДТ в пределах максимально допустимых уровней содержания в продуктах питания и питьевой воде приводит к последовательным морфофункциональным изменениям щитовидной железы, характеризующимся как понижением её функциональной активности с реактивным усилением синтеза тиреотропного гориона, тироксина и трийодтиронина, аналогичным таковому при развитии йоддефицитного состояния, так и последующей диффузной микрофолликулярной перестройкой, обеспечивающей восстановление эутиреоза [135, 166, 178, 179].

При воздействии низких температур в щитовидной железе появляются признаки резорбции коллоида, увеличение объемной плотности тиреоидного эпителия [48]. Усиление функциональной активности щитовидной железы под влиянием экстремально низких температур носит характер выраженного функционального напряжения с накоплением в железе трийодтиронина [90].

При действии интервально-ритмической гипоксии происходит снижение физиологической активности щитовидной железы из-за возрастания уровня йодидов в крови. Снижение функциональной активности щитовидной

железы протекает в течении 15 суток, затем наступает гиперфункция [101, 111].

Анализ результатов экспериментальных исследований воздействия на организм крыс переменных магнитных полей низкой частоты при кратковременном действии вызывает реакцию активации, сопровождающуюся усилением функциональной активности щитовидной железы, в то же время переменные магнитные поля с большей интенсивностью и длительного воздействия ведут за собой сдвиги в метаболизме и снижении уровня энергетических процессов в щитовидной железе [2, 143, 153, 154, 165, 168, 180, 183, 189, 192].

Характерным действием рентгеновского излучения на щитовидную железу является разобщение межклеточных контактов между фолликулярными тиреоцитами в области простых соединений, при воздействии гелий-неонового лазера с длиной волны 0,63 мкм для клеток щитовидной железы характерно наличие псевдоподий, что свидетельствует о существенном увеличении функциональной активности тиреоцитов [68, 89].

Воздействие лазерного излучения средней интенсивности (112 Дж/см^2) на щитовидную железу крыс приводит к увеличению высоты эпителия, ядерно-цитоплазматического отношения и уменьшению диаметров, площади фолликулов и индекса Брауна, что свидетельствует о стимулирующем воздействии лазерных лучей на щитовидную железу [112].

Среди факторов, вызывающих поражение щитовидной железы, огромную роль играют ионизирующая радиация и радионуклиды. Доказательством этому является резкое увеличение частоты заболеваний щитовидной железы в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. В районах, подвергшихся воздействию ионизирующей радиации, частота рака щитовидной железы возросла в 50 раз.

В экологически неблагополучных районах по радиоактивному фону в районе Семипалатинского полигона и в зоне аварии на Чернобыльской АЭС у людей в морфогенезе аутоиммунных процессов в щитовидной железе ведущая

роль принадлежит миграции единичных Т-лимфоцитов или образованию их скоплений посредством выраженного понижения уровня T_3 и T_4 характеризующиеся изменениями со стороны вакуолярно-лизосомального аппарата тироцитов заключающихся в значительном уменьшении количества вторичных лизосом с гетерогенным содержимым [6, 104].

В районах Брянской области расположенных смежных с зоной аварии на Чернобыльской АЭС у телят изменения в щитовидной железе обусловлены увеличением размеров фолликулов и накоплением в нем коллоида при нормальном состоянии паренхимы органа [31].

Гистологическая картина щитовидной железы енотовидных собак, длительное время обитающих на территориях с повышенной радиоактивностью (Полесский государственный радиационно-экологический заповедник) в Беларуси показала, что паренхима щитовидной железы имеет смешанный тип строения. Обнаружены участки утолщения соединительнотканной капсулы, ее разволокнение, а местами - мукоидное набухание. Клетки капсулы характеризуются разрозненным расположением. Сосуды капсулы умеренно полнокровны, стенки сосудов часто отечны. В некоторых гистопрепаратах наблюдается склероз железы. В железе выявлены структурные изменения стромальных элементов в виде псевдогипертрофического липоматоза, который фиксируется при атрофии паренхимы. В капсуле происходит обильное разрастание жировой ткани с отсутствием в ней сосудов. При окраске гистологических срезов по Ван-Гизону строма щитовидной железы окрашивается довольно интенсивно. Тироциты в сохранившихся островках фолликулов представлены преимущественно плоской формы, формируя стенку для каждого аденомера. Тканевая структура щитовидной железы енотовидных из зоны отчуждения предопределяется единством двух основных процессов – деления и гибели гормонопродуцирующих клеток, то есть во всех образцах желез наблюдается один из вариантов разрушения тироцитов – десквамация фолликулярного эпителия. Делящиеся клетки выявляются в составе немногочисленных

«подушечек Сандерсона». Своеобразная микроструктура щитовидной железы у енотовидной собаки характеризуется главным образом исчезновением фолликулярного коллоида и десквамацией тиреоидного эпителия, а местами - дезинтеграция эпителиальной выстилки фолликула. Основная же масса десквамированных тироцитов не жизнеспособна и находится в состоянии некробиоза или атрофии. Тироциты в сохранившихся островках фолликулов представлены преимущественно плоской формы, формируя стенку для каждого аденомера. Тканевая структура щитовидной железы енотовидных из зоны отчуждения предопределяется единством двух основных процессов - деления и гибели гормонопродуцирующих клеток, то есть во всех образцах желез наблюдается один из вариантов разрушения тироцитов - десквамация фолликулярного эпителия. Делящиеся клетки выявляются в составе немногочисленных «подушечек Сандерсона». Своеобразная микроструктура щитовидной железы у енотовидной собаки характеризуется главным образом исчезновением фолликулярного коллоида и десквамацией тиреоидного эпителия, а местами - дезинтеграция эпителиальной выстилки фолликула. Основная же масса десквамированных тироцитов не жизнеспособна и находится в состоянии некробиоза или атрофии [121].

Как видно из проведенного нами литературного обзора по представленной проблеме щитовидная железа является очень чувствительным органом к внешним проявлениям природно-климатических факторов и антропогенным воздействиям, ведущим к морфофункциональным перестройкам органа, нередко сопровождающегося разрушительным воздействием на многие системы организма, приводящие к весьма ощутимому ухудшению качества жизнедеятельности человека и животных. Это обстоятельство позволяет использовать данные по изменению морфофункциональных характеристик щитовидной железы млекопитающих в эколого-физиологических исследованиях.

2.1.2 Морфофункциональные изменения надпочечников животных и человека при действии факторов антропогенной и природной среды

Размеры надпочечников по ряду причин рассматриваются как один из значимых показателей общего физиологического состояния организма. В экологических исследованиях этому показателю придается очень большое значение. Индекс надпочечника включен в качестве одного из признаков, рекомендованных для изучения по Международной биологической программе [102].

Индексы печени и надпочечника практически всегда изменяются закономерно и характеризуются понижением относительной массы печени и повышением аналогичного показателя надпочечников, что свидетельствует об энергетической напряженности организма мелких млекопитающих на техногенной территории Оренбургского газоперерабатывающего завода. Поэтому наиболее объективными индикаторами энергетического состояния животных являются именно эти показатели, которые дают возможность оценить экологическую пластичность различных видов и определить пределы нагрузки, за которыми следует энергетический срыв организма и смерть животных [37].

В экспериментах на белых мышах было установлено, что соли кадмия увеличивают площадь коркового вещества надпочечника в 1,6 раза и повышают индекс надпочечника в 2 раза [66, 67, 145].

Строение сетчатой зоны надпочечников и ультраструктурные особенности ее кортикостероцитов в пубертатном периоде у крыс, подвергавшихся воздействию эндокринного дисраптора ДДТ в пренатальном и постнатальном развитии, указывают как на отставание в ее развитии, так и на снижение секреторной активности клеток, обуславливающей пониженную продукцию половых стероидов в пубертатном периоде у крыс, подвергавшихся воздействию эндокринного дисраптора ДДТ в пренатальном

и постнатальном периодах онтогенеза. Дисрапторное действие ДДТ на секреторные процессы в кортикостероцитах сетчатой зоны обуславливает компенсаторную гипертрофию клеток с увеличением числа митохондрий в эндокриноцитах, что является структурным обеспечением для длительного усиления стероидогенной активности. Воздействие низких доз ДДТ в пределах максимально допустимых уровней его содержания в пищевых продуктах с первых дней постнатального периода онтогенеза приводит к развитию значительных изменений морфофункционального состояния коркового вещества надпочечников крыс к пубертатному периоду. Дихлордифенилтрихлорэтан оказывает негативное воздействие на эндокриноциты пучковой зоны, что приводит к дистрофическим изменениям, гибели клеток, нарушениям citoархитектоники пучковой зоны коркового вещества и снижению продукции кортикостерона. ДДТ не вызывает аналогичных изменений в клубочковой и сетчатой зонах и стимулирует стероидогенез в них [127, 134, 140, 151, 162, 171, 172, 191].

Полученные данные полученные при изучении отдаленных последствий острого отравления газами зарин или зоман свидетельствуют об участии гормонов коры надпочечников в формировании синдромов психоневрологических последствий острого отравления зарином и зоманом и характере приспособительно-защитной реакции организма в условиях сформировавшейся патологии. У больных с отдаленными психоневрологическими последствиями острого отравления зарином или зоманом выявлено снижение функциональной активности коры надпочечников. Установлена зависимость гормональных нарушений от характера преобладающего синдрома в клинике отдаленных психоневрологических последствий острого отравления зарином или зоманом [123].

В опытах на самцах белых крыс линии Вистар при воздействии на их организм паров аммиака была выявлена гипертрофия надпочечников и резкое увеличение сетчатой и пучковых функциональных зон надпочечников, клетки

которых существенно были увеличены в объеме (в 2,5 раза), имели нечеткие контуры клеточной оболочки, просветленную, оксифильных цитоплазму с мелкодисперсной зернистостью. Эти обстоятельства позволяют судить о степени их участия в формировании защитных механизмов к действию конкретного повреждающего фактора среды [17].

Производные фенолов обладают политропным действием, способны в определенных дозах (1/100 DL50) нарушать морфологическую структуру надпочечников, что подтверждалось гистохимическими исследованиями. При воздействии на организм крыс производных фенолов в надпочечниках обнаруживались существенные морфологические и гистохимические сдвиги: утолщение клубочкового слоя и увеличение клеток пучковой зоны, расширение синусоидных капилляров, вакуолизация и гипертрофия кортикоцитов, повышалась активность ферментов Г-6Ф-ДГ, лактатдегидрогеназы, сукцинатдегидрогеназы, α -ГФДГ, НАДФ. В большинстве случаев производные фенолов повышают активность гистоэнзимов или ведут к перераспределению их активности в структурных единицах органа. Изменения активности ферментов биохимических реакций отрицательно влияют на структуру органа и модулирует морфологические изменения в течении длительного времени воздействия [131].

Исследовано состояние клеток, сосудистого русла и стромального компонента надпочечников крыс после длительного воздействия комбинации солей тяжелых металлов таких как медь, железо, марганец, свинец, цинк и хром. В надпочечниках определялись морфофункциональные перестройки. Целостность капсулы на некоторых участках нарушена. Сосуды капсулы расширены, с признаками незначительного субкапсулярного полнокровия. Морфология стенки артерий и артериол капсулы была нарушена, мышечная оболочка утолщена, эндотелиоциты находились в состоянии отека, гипертрофированные, гиперхромные, а их ядра выпирали в просвет сосудов. Цитоархитектоника зон коры надпочечника: клубочковая и пучковая зоны имели более четкое отграничение, в пучковой зоне клеточные тяжи

приобретали более характерного расположения, особенно в районе сетчатой зоны. Наполненность капилляров увеличивалась по направлению к сетчатой зоне и в самой сетчатой зоне, что объясняется анатомическими особенностями кровоснабжения железы. Клетки большей части клеток клубочковой зоны имели нечеткие контуры клеточной оболочки, просветленную, оксифильную цитоплазму с мелкодисперсной зернистостью. Ядра таких клеток были гиперхромные, удлинённые, большая часть клеток имели округлые, увеличенные в размерах ядра с несколько просветленной хроматиновой сеткой и хорошо контурированные, гипертрофированным ядрышком. В некоторых ядрах наблюдалась краевая агрегация хроматина, по данным ряда авторов указывает на усиление синтетической активности кортикоцитов [33, 174, 176, 181].

Кадмий – один из распространенных экологических загрязнителей, который способен вызывать серьезные изменения в организме. В природе он встречается в форме таких редких минералов, как гринокит (CdS) и отавит ($CdCO_4$). Загрязнение кадмием почвы, воды и воздуха в результате производственной деятельности неуклонно возрастает. Источниками антропогенных загрязнений являются: сброс кадмия в сточные воды, производство и использование фосфатных удобрений, сжигание отходов, угля, бензина. Кадмий, даже в малых дозах, способен вызывать химический стресс и оказывать токсическое действие на организм. Проведенные исследования интоксикации хлоридом кадмия организма белых беспородных крыс выявило, что степень морфофункциональных изменений в надпочечниках зависит от сезона года и полового статуса животных. Так интоксикация хлоридом кадмия вызывает увеличение площади коркового вещества надпочечников, объемов клеток и ядрышек у самцов белых беспородных крыс в зимний период. У самок белых беспородных крыс наибольшего влияния на морфометрические показатели оказывает летний период, когда в клубочковой зоне отмечено увеличение объемов ядрышек в 2 раза, при одновременном снижении объема клетки, в пучковой и сетчатой

зонах объемы ядрышек увеличиваются в 3 раза. Вне зависимости от сезона и пола введение хлорида кадмия приводит к увеличению размеров надпочечников, что свидетельствует об усилении их функциональной активности [57, 66, 67].

Результаты исследования действия среднетоксической дозы ацетата свинца на морфофункциональные параметры надпочечников белых беспородных крыс показали, что вещество техногенного происхождения – ацетат свинца увеличивает площадь надпочечников, коркового и мозгового вещества, толщину клубочковой и сетчатой зон при этом уменьшая толщину пучковой зоны. В клетках клубочковой и пучковой зон увеличивается диаметр и объем ядер при снижении этого показателя в клетках сетчатой зоны и мозгового вещества, происходит эктопия клеток пучковой зоны в сетчатую. Кортикоциты пучковой зоны теряют свойственное им радиальное расположение, образуя местами скопление клеток неправильной формы. Преимущественно в светлых кортикоцитах формируются гигантские электроннопрозрачные вакуоли, которые ограничены мембранами митохондрий, цистернами АЭПС, содержат обрывки органелл и миелиноподобные структуры. Значительное количество светлых кортикоцитов подвергается баллонной дистрофии и некрозу. Для темных кортикоцитов характерна лучшая сохранность ультраструктуры, однако в них также формируются вакуоли и миелиноподобные структуры. Кортикоциты подвергаются наиболее выраженным дистрофическим изменениям. Это обусловлено как непосредственным мембрано-токсическим действием соединений свинца, так и большей функциональной нагрузкой на этот тип клеток в связи с реализацией общего адаптационного синдрома. Клетки и их ядра резко набухают и просветляются. В ядрах почти не определяется гетерохроматин, ядрышки резко уменьшены в числе и величине, перинуклеарное пространство в ряде участков продолжается в вакуоли цитоплазмы. Наружная ядерная мембрана обеднена рибосомами. В цитоплазме выявляются остатки органелл: отдельные небольшие

митохондрии с темным матриксом и частично разрушенными кристами занимают 4,37 % площади цитоплазмы, основная же их часть набухает и разрывается, участвуя в образовании вакуолей цитоплазмы. Общая площадь митохондрий снижается в 1,94 раза. Гормоносодержащие гранулы одиночно распределены по цитоплазме, их общая площадь снижается в 4,8 раза. В ряде гранул сохраняется типичное строение – со светлым пояском между ядром гранулы и ограничивающей мембраной. Кроме клеток с дистрофическими изменениями с почти полным разрушением органелл, встречаются кортикоциты, переходящие в некроз с разрывом и деструкцией клеток этого типа [29, 96].

Действие стандартного гербицида содержащего в своем составе 2,4-демитаминовые соли (50 %), хлорфенолы (около 2 %), 2,4-дихлорфенола (0,25 %) и другие хлорорганические соединения (1,5 %) на организм белых беспородных крыс в дозе ЛД₅₀ вызывало в пучковой зоне коркового вещества надпочечников значительное снижение размеров клеток и уровня секреторной активности, сказывающееся на адаптивных возможностях организма к различным факторам внешней среды [55].

Снижение глюкокортикоидной функции надпочечников при отравлении фосфорорганическими веществами приводит к выпадению активирующей роли глюкокортикостероидов и угнетению синтеза катехоламинов [124].

Общезвестно, что при воздействии низких температур на живой организм в надпочечниках происходят морфофункциональные перестройки, заключающиеся в увеличении размеров ядер адренкортикоцитов и доли митохондрий, уменьшение содержания липидных включений, а также повышение кровенаполнения пучковой зоны. Необходимо отметить, что увеличение удельного объема сосудов в функциональных зонах надпочечников является неспецифической реакцией и выявляется также при перегревании организма. Глюкокортикоиды повышают теплопродукцию и препятствуют снижению температуры тела при действии холода [4, 149, 150, 152, 163, 175, 190].

Воздействие низкочастотного магнитного поля на белых беспородных крыс в течении 42 суток по 2,5 часа в сутки приводила к увеличению концентрации кортикостероидов в крови в 2 раза, увеличение массы надпочечников свидетельствует о нарушении взаимосвязи между последними и гипофизом обусловленное влиянием поля. Изменение состояния надпочечников в ответ на воздействие переменного магнитного поля большинство исследователей рассматривают как адаптационную реакцию одного из звеньев нейроэндокринной системы регуляции гомеостаза [110, 167, 186].

На территориях с повышенной радиоактивностью (Полесский государственный радиационно-экологический заповедник) в Беларуси у енотовидных собак надпочечник окружен капсулой из плотного слоя соединительной ткани. Соединительнотканые волокна капсулы несколько утолщены, отечны. Клеточные элементы коркового вещества у молодых особей хотя и формируют три слоя, но у взрослой енотовидной собаки представляют собой непрерывную клеточную массу, т.к. резкая граница между зонами отсутствует. Клетки клубочковой зоны имеют умеренные дистрофические изменения с очагами дисконкомплексации. Адренкортикоциты клубочковой зоны неплотно сгруппированы в нечетко очерченные концентрические структуры – клубочки, то есть наблюдается дезинтеграция зоны. Пучковая зона представлена слоем спонгиоцитов призматической или полигональной формы, которые образуют прямые тяжи, частично ориентированные перпендикулярно поверхности. Большая часть клеток значительно обеднена вакуолями в цитоплазме и находятся в состоянии дисконкомплексации. Отмечается липоматоз и резкое расширение синусоидальных капилляров этой зоны. Самый глубокий слой коркового вещества, который окружает медуллу, формирует сетчатая зона. Ее клетки расположены в виде разветвленных и переплетающихся полос с округлыми и пикнотичными ядрами, и между клетками выявляются многочисленные кровеносные капилляры синусоидного типа и крупные адипоциты. В клетках

преобладает выраженная белковая дистрофия, местами дисконкомплексация, некробиоз и липоматоз. Выявлены изменения микроциркуляторного русла по типу гемодинамических нарушений. Отмечается увеличение просвета капилляров коркового и мозгового вещества, причем в коре эти изменения хорошо выражены лишь в пучковой зоне [121].

У выдры речной, обитающей в условиях белорусского сектора зоны отчуждения после аварии на Чернобыльской АЭС, установлена андростерома – аденома надпочечника, которая представлена множеством кист, выполненных студенистыми массами и участками кровоизлияний на границе сетчатой зоны коры и мозгового вещества надпочечника. В клубочковой и пучковой зонах выявлены обширные участки некрозы. Андростерома у выдры представлена преимущественно клетками сетчатой зоны и неправильными по форме клетками с гиперхромными, полиморфными ядрами в виде солидных структур с клеточным и ядерным полиморфизмом. В надпочечнике характерно наличие нормальной или атрофированной внеопухолевой ткани. В участках опухолевой паренхимы и сетчатой зоны коры обнаруживаются небольшие липидные скопления [122].

Однотипные морфологические изменения обнаруживались в надпочечнике лабораторных и диких животных после длительного радиационного воздействия. Микроаденому коры надпочечников (доброкачественное разрастание клонов клеток) наблюдали в условиях модельных экспериментов у белых беспородных мышей, а также у полевок экономок в условиях среды обитания с повышенным радиационным фоном. В коре надпочечников отмечено стирание границ между зонами (клубочковой, пучковой и сетчатой), дезорганизация коры с появлением участков локальной деструкции и атрофии паренхимы. Наряду с явлениями альтерации у полевок экономок с территорий, загрязненных радионуклидами, отмечали стойкую тенденцию к проявлению повышенной активности коркового вещества. Морфологически это выразилось в расширении коркового слоя, гипертрофии и гиперплазии клеток пучковой зоны [47, 48, 49, 95].

При изучении воздействия геохимических условий на морфофункциональное состояние надпочечника европейской рыжей полевки на территории природной биогеохимической провинции с избыточным содержанием в почве и воде никеля, кобальта и хрома в южно-таежном округе Среднеуральской горной области Уральской низкогорной провинции (Свердловская область) выявлена гипертрофия пучковой зоны коры, ее клеток и ядер. Данные изменения, вероятно, связаны с увеличением объема продуктов ядерного синтеза и свидетельствуют об интенсификации выработки глюкокортикоидов, которые участвуют в адаптивных реакциях и обеспечивают повышение неспецифической резистентности животных в экстремальных геохимических условиях. Активация гипоталамогипофизарно-надпочечниковой системы, с одной стороны, обеспечивает приспособление организма к условиям биогеохимической провинции, с другой, возможно, сокращает энергетические резервы в качестве платы за адаптацию. Это может быть связано с действием гормонов пучковой зоны надпочечника на распад и транспорт энергоемких молекул [79, 80].

Таким образом при действии на организм факторов внешней и внутренней среды его адаптации происходит в результате неспецифических адаптационных способностей организма, в которой главнейшую роль играет кора надпочечников, во всех случаях воздействия, дестабилизирующих гомеостаз организма неблагоприятных факторов любой природы, степени воздействия и продолжительности действия, отвечающая различными морфофункциональными изменениями в этой функциональной зоне органа. Повышенный интерес к последней связан с тем фактором, что данная система является одной из главных мишеней при воздействии биогеохимических и антропогенных факторов окружающей среды.

2.1.3 Использование животных в качестве биологических индикаторов

Биоиндикация – оценка качества среды обитания и ее отдельных характеристик по состоянию биоты в природных условиях. Для учета изменения среды под действием антропогенного фактора составляются списки индикаторных организмов. Биоиндикатор – группа особей одного вида или сообщества, по наличию или по состоянию которых, а также по их поведению судят о естественных и антропогенных изменениях в среде. Поскольку изменения биологических систем довольно часто могут быть обусловлены антропогенными факторами, то само понятие «биоиндикация» можно сформулировать следующим образом: Биоиндикация – это обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ. Биологические методы позволяют получать сведения о непосредственной реакции организмов, сообществ или экосистем на естественные или антропогенные изменения, поскольку биота реагирует даже на незначительные изменения внешних условий. Применение биологических методов для оценки среды подразумевает выделение видов животных или растений, чутко реагирующих на тот или иной тип воздействия. Организмы или сообщества организмов, жизненные функции которых так тесно коррелируют с определенными факторами среды, что могут применяться для их оценки, называются биоиндикаторами [93].

Для оценки антропогенного воздействия возможно применение самых разных подходов – от ценологических и популяционных до молекулярно-генетических и клеточных, но отнюдь не все из них можно использовать в реальной практике. Прежде всего, надо отметить, что биоиндикация с целью оценки качества среды предусматривает создание достаточно четкой градации анализируемых признаков и создание шкалы для унификации данных. Поэтому важна возможность выделения у тест-организмов четко

диагностируемых признаков с определением степени отклонения от оптимума. Немаловажны также высокая чувствительность тестируемых признаков при низкой индивидуальной изменчивости, возможность быстрой обработки достаточно большого объема материала, воспроизводимость результатов, полученных при использовании тест-системы разными исследователями, и, в идеале, возможность сравнения с другими регионами [129].

Материалом для изучения геохимической экологии в Якутии служат различные органы и ткани (печень, почки, сердце, поперечнополосатая мускулатура, эндокринные железы) диких животных: северного оленя (*Rangifer tarandus L.*), зайца-беляка (*Lepus timidus L.*), обыкновенной белки (*Sciurus vulgaris L.*), красной полевки (*Clethrionomys rutilus Pall.*) и ондатры (*Ondatra zibethica L.*) в Колымской и Центрально-Якутской биогеохимических провинциях. Наиболее перспективным биологическим индикатором для этой местности является северный олень, который может служить одним из важнейших биоиндикаторов загрязнения среды тяжелыми и радиоактивными металлами. Кроме того, ареал этого вида охватывает одну пятую часть земной суши, поэтому его можно рассматривать как биоиндикатор в глобальном масштабе. Важную роль играет также и прикладной аспект таких исследований, так как мясо диких и домашних оленей является важным продуктом питания. Северные олени совершают далекие сезонные миграции. В связи с этим они могут использоваться для биоиндикации с охватом больших территорий [103].

В Рязанской области с помощью ШИК-реакции определялись маркерные цитоморфологические изменения (размер гранул и их блоков в цитоплазме) лимфоцитов у здорового и больного лейкоза, маститом и гипотиреозом коров в зависимости от степени радиоактивного загрязнения ^{137}Cs территории их содержания. Проведено сравнение полученных показателей с таковыми у биоиндикаторных видов мелких грызунов (полевки, крысы) и обоснована необходимость применения Ca^{2+} -антагониста

(нифедипин) для усиления адаптивно-компенсаторных реакций у коров. Установлено, что доля лимфоцитов с ШИК-реакцией в виде крупных гранул и блоков у здоровых коров из районов с наименьшей загрязненностью составила 0,1-0,3%, с маститом – 0,2-0,6%, с гипотериозом – 0,1-0,5%, с лейкозом – 0,4-0,9%; со средним загрязнением территории – 0,5-0,7%, 0,4-0,6%, 2,2-3,0 и 2,1-3,2% соответственно; в наиболее загрязненных районах: 0,3-0,5%, 0,2-0,9%, 0,7-1,0% и 4,0-4,9% соответственно. Отмечено, что среднее (20,0-32,3 Бк/кг) загрязнение почвы ^{137}Cs оказывало большее влияние на показатели ШИК-реакции по крупным гранулам и блокам у коров, больных гипотериозом, чем сильная экотоксикация (29,6-71,9 Бк/кг), что было аналогично и при лейкозе. Доказана возможность использования полевок в качестве тест-систем при биоиндикации влияния ^{137}Cs [56].

С использованием разных видов животных в качестве биологических индикаторов удалось решить проблему оптимизации адаптивности молочного скота к антропогенному давлению среды на экологически неблагополучных по радионуклидам и тяжелым металлам йодэндемичных территориях по средствам регуляции Ca^{2+} -антагониста компенсаторно-приспособительных реакций. Сопоставляя динамику морфологических биохимических и цитогенетических интерьерных параметров биоиндикаторных видов – полёвка обыкновенная (*Microtus arvalis* Pall), полёвка рыжая (*Clethrionomys glareolus* Schreb), серая крыса (пасюк) (*Rattus norvegicus* Berk) и крупного рогатого скота (*Bos Taurus*) при антропогенных воздействиях среды. Динамика мелких и средних гранул, выявляемых ШИК-реакцией в пуле лимфоцитов полевок подтверждали выводы о том, что этот показатель является маркерным при проведении экологического мониторинга территорий. У этих грызунов в благополучных районах области в пуле лимфоцитов гранулы обнаруживались 14,0 % клеток, тогда как при увеличении экотоксикации среды их обитания ^{137}Cs при среднем загрязнении количество маркерных клеток составляло 14-18 штук, при сильном их количество возрастало до 26-33 штук на 100 исследуемых клеток. При

сопоставлении лимфоцитов крыс, полёвок и коров прослеживалась чёткая тенденция к одинаковой динамике изменения гранул в пуле клеток крови полёвок и коров с низкой резистентности к лейкозу. Для коров полевки являются оптимальным биоиндикатором, отражающим идентичную друг другу тенденцию по критериям: хромосомные абберации типа «ядерные мосты», индекс ядрышковых организаторов. Обнаруживалась сопоставимость показателей «ядерные мосты» в группах здоровых животных, а также между коровами, больными лейкозом и полёвками, инфицированными ханта вирусами, что необходимо использовать при биотестировании в процессе профилактических работ на экологически неблагополучных территориях [84].

Для анализа экологического благополучия хозяйств Новосибирской области исследовался волос бычков герфордской породы в возрасте 18 месяцев. Химические элементы определялись с помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа. В результате проведенных исследований были выявлены значительные различия между отдельными животными по способности аккумулировать Mn, Si и Mg в волосе. Уровень кремния в волосе характеризуется высокой фенотипической изменчивостью, а концентрация бора – относительно низкой. Обнаруженная высокая фенотипическая вариабельность уровней Al, B, Mg, Mn, Si и Zn, которая отражает сложное влияние факторов среды и наследственности на процессы их депонирования в волосе [83].

Результаты исследований концентрации тяжёлых металлов в мышечной ткани лошадей, представляющих различные зоны территории Башкортостана показали, что наблюдается превышение нормативных значений свинца и кадмия в мясе (1,6-2,8 и 1,6-5,2 ПДК). Наибольшее содержание свинца характерно для образцов мяса лошадей, выращенных в южной лесостепной зоне. Длительное поступление в организм с кормами металлов первой группы токсичности в объёмах ПДК негативно сказывается на обменных процессах у крупного рогатого скота. Нарушение белкового обмена проявляется гиперпротеинемией и диспротеинемией. Тяжёлые металлы способствуют

распаду белковых структур организма с образованием биологически активных компонентов – молекул средней массы, которые в последующем ещё в большей степени вызывают расстройство обменных процессов. Определение молекул средней массы в сыворотке крови и даёт возможность определить степень эндогенной интоксикации тяжёлыми металлами организма животных [43].

Выявлением токсичных элементов в биосубстратах (пастбищных овец) на территории Павлодарской области использовалась в качестве биоиндикации местности. Для определения состава химических элементов в тканях животных был применен высокочувствительный метод инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) с облучением тепловыми нейтронами на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования Томского политехнического университета. Исследование геохимических особенностей желудка домашних животных на территории Павлодарской области показали достаточно неравномерное распределение всех химических элементов. При сравнении полученных результатов было выявлено, что наиболее высокое содержание химических элементов наблюдается в желудках домашних животных Баянаульского района (скандий, железо, кобальт, сурьма), возможно это связано с особенностью места пастбища (горная местность) [8].

Мониторинг окружающей среды в Чернянском районе Белгородской области и Воронежском государственном биосферном заповеднике с использованием в качестве биоиндикаторов диких и сельскохозяйственных парнокопытных животных: 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.*) показал, 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. В качестве биомонитора для диагностики хронических микроэлементозов КРС

целесообразно использовать пробы волосяного покрова с кисти хвоста, в связи с тем, что различия в микроэлементах состава волос с разных участков тела статистически недостоверны. 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 тяжелыми металлами. О краткосрочном (разовом) загрязнении тяжелыми металлами окружающей среды свидетельствуют высокие уровни свинца в мышечной ткани лося и косули, а также в печени всех трёх видов диких парнокопытных. 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. Из результатов исследований следует, что пахта молока КРС является естественным индикатором медь-молибденового и молибден-вольфрамового дисбаланса в организме и среде обитания. Установлено, что загрязнение крупного района стойкими хлорорганическими пестицидами сопровождается их накоплением в околопочечном жире лося; локального лесного массива – печенью косули; агропедоценоза – печенью и почками кабана [117].

В Нижегородской области на территории государственного природного заповедника «Керженский» цитогенетический мониторинг подтвердил, что уровень хромосомных aberrаций клеток костного мозга у мышевидных грызунов (рыжая полевка, лесная и желтогорлая мыши) на территории заповедника существенно ниже, чем на антропогенно трансформированных территориях. Это дает основание использовать территорию заповедника как условно чистую, т. е. контрольную при биомониторинговых исследованиях [26].

Изучая техногенное воздействие алюминиевого производства г. Павлодара (Казахстан) ученые при анализе фауны и населения мелких млекопитающих на техногенной территории установили, что больше половины всего населения здесь занимают узкочерепная полевка (31 %) и

степная мышовка (23%), а также относительно высока доля джунгарского хомячка (10 %) и степной пеструшки (6 %). Используя в качестве биологических индикаторов эти четыре вида мелких млекопитающих было установлено, что в зоне техногенной нагрузки фтор в костных тканях грызунов аккумулируется неодинаково. Самые высокие средние концентрации валового фтора обнаружены у степной мышовки. У узкочерепной полевки, степной мышовки и сеголетков джунгарского хомячка наблюдается тенденция линейного увеличения накопления фтора в костях, также как и в почве, по мере приближения к заводу. Пик концентрации фтора в данных случаях приходится на ближайшее расстояние от заводов. Однако у перезимовавших особей степной пеструшки, наоборот, содержание фтора в буферной зоне выше, чем в импактной. У перезимовавших особей джунгарского хомячка максимальные значения наблюдаются на фоновой и импактной территориях и значительно меньше в буферной. Выявленная тенденция снижения уровня численности мелких млекопитающих, обеднения видового состава и увеличения накопления фтора в костной ткани животных по мере приближения к заводам согласуется с данными по другим промышленным зонам алюминиевого производства. В качестве наиболее подходящего биоиндикатора фторового загрязнения исследуемой территории авторы рекомендовали использовать узкочерепную полевку, что обусловлено ее относительно высокой численностью и встречаемостью практически на всех обследуемых участках. В районе электролизного завода, где отсутствует узкочерепная полевка, в качестве биоиндикатора может быть рекомендована доминирующая здесь степная мышовка [105].

Как у водных, так и у наземных животных Карелии, относящихся к различным экологическим и систематическим группам, аккумуляция ксенобиотиков и их распределение по органам и тканям подчиняются единым законам. Основными органами-мишенями для токсикантов у всех исследованных видов животных являются печень и почки вследствие активных процессов аккумуляции в них поллютантов. Костная и жировая

ткани служат своего рода депо или тканями-ловушками для таких ксенобиотиков, как свинец, хлорорганические соединения. Переход токсикантов из органов и тканей с высоким уровнем обмена веществ в «ткани-ловушки» позволяет организму до определенного предела снижать стресс токсической нагрузки. Таким образом можно говорить о существовании единой организменной стратегии адаптации популяций птиц и млекопитающих региона к техногенному загрязнению окружающей природной среды [76].

Для биоиндикационных целей используется показатель флуктуирующей асимметрии мелких млекопитающих путем подсчета отверстий для нервов и кровеносных сосудов на черепе. Для этих целей в Якутии используют мелких млекопитающих массовых видов: красная полевка (*Clethrionomys rutilus*), полевка-экономка (*Microtus oeconomus*), средняя (*Sorex caecutiens*) и тундрная (*Sorex tundrensis*) бурозубки. Для мелких млекопитающих частота асимметричных проявлений варьирует в значительных пределах: у полевок в природных биотопах при благоприятных условиях она составляет около 0,3-0,35, у землероек – 0,18-0,2. Для наиболее массовых видов можно отметить достаточно сходные показатели флуктуирующей асимметрии в пределах обширной территории таежной зоны. Для большинства видов таежных грызунов и насекомоядных повышение частоты асимметричных проявлений отмечено в лесотундре, а также при продвижении в горы, что связано с эффектом поясности. Так, у красной полевки и средней бурозубки в горах Верхоянья повышение частоты нарушений стабильности развития отмечается на высотах свыше 800–1000 м. Величина флуктуирующей асимметрии у мелких млекопитающих рассматривается как показатель нарушения стабильности развития организма. В качестве антропогенно трансформированных территорий анализируются городские территории с рекреационной зоной, участки с повышенным радиационным фоном, зона воздействия предприятий горнодобывающей промышленности [130].

В качестве объектов исследования на территориях, урбанизированных и подверженных загрязнению выбросами Темиртауского промышленного региона Карагандинской области был использован в качестве биологического индикатора доминирующий вид мелких млекопитающих – лесная мышь (*Apodemus sylvaticus*). Виды мелких млекопитающих как модельный объект зоологического контроля удовлетворяют критерию обилия. Они достаточно просто (без сложной техники и затрат) отлавливаются, не перемещаются на большие расстояния, имеют широкое распространение, активны в течение всего года, достаточно четко отражают накопление вредных веществ, в т.ч. тяжелых металлов. Особый интерес представляет уровень накопления токсикантов в органах преимущественного депонирования – печени исследуемых видов мелких млекопитающих. Известно, что печень, выполняя ряд важнейших функций в организме, является наиболее четким показателем его состояния [81].

Лесная мышь (*Apodemus sylvaticus*) представляет широко распространенную и многочисленную группу животных, ареалы которой занимают различные широтные зоны, а также высотные пояса. Экспериментальные (полевые и лабораторные) работы были проведены пос. Хасанья в лесостепной зоне и Нальчикского гидromеталлургического завода в Дагестане. В работе использовали метод морфофизиологических индикаторов, согласно которому были измерены следующие критерии: масса и промеры тела, а также индексы внутренних органов: сердца, печени, почек, надпочечников, легких и селезенки [100].

При изучении воздействия медно-никелевого предприятия на экологическую систему Кольского полуострова в качестве биоиндикаторов были выбраны три вида лесных полевок *Clethrionomys*, самой многочисленной была красная *Cl. rutilus*, за ней следуют красно-серая *Cl. rufocanus* и рыжая *Cl. glareolus* полевки. Для генетического и цитогенетического сравнения исследовали митотическую активность клеток костного мозга, селезенки и роговицы глаза. Пролиферативная активность клеток определялась по

величине митотического индекса, для изучения которого просматривалось по 5000 клеток и вычислялось число митозов, приходящихся на 1000 клеток в кроветворных тканях. В эпителии роговицы глаза для определения митотической активности анализировалось от 50000 до 100000 клеток, и митотическая активность выражалась в промилле. Частота аберрантных клеток определялась среди 100 клеток, находящихся в стадии поздней анафазы и ранней телофазы [60].

Для оценки экологической обстановки в Щучанском районе Курганской области где проводилось хранение и уничтожение химического оружия с фосфорорганическими соединениями доминирующим видом-индикатором является Полевка обыкновенная (*Microtus arvalis Pall.*). Было проведено сравнение гематологических показателей мышей из ЗЗМ Объекта УХО в г. Щучье за 2008 год, предшествующий пуску объекта, и за полевой сезон 2009 года, т.е. в период работы завода по уничтожению химического оружия. У животных, отловленных в 2009 году, уровень гемоглобина в крови был достоверно ниже на 20%, а именно: содержание гемоглобина в крови мышей на наблюдаемых стационарных площадках в ССЗ объекта УХО в 2009 году составило 16,9 % относительно 14,0 % контрольных значений 2008 года. Также наблюдается достоверное снижение скорости оседания эритроцитов у животных, отловленных в 2009 году. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) снижается с 2,9 мм/час до 1,4 мм/час при увеличении числа эритроцитов (количество эритроцитов крови увеличивается на 5,7% по отношению к данным 2008 года), так как при этом повышается вязкость крови [30].

В качестве оценки загрязнения Ладожского озера, ученые отбирали пробы волосяного покрова ладожской кольчатой нерпы, погибшей в орудиях рыболовного промысла. Исследования показали, что в течение 10-летнего периода концентрация ряда элементов – опасных загрязнителей природной среды значительно снизилась. Так, концентрация ртути уменьшилась в 2 раза, меди – в 3 раза, кадмия – в 3 раза, цинка – почти в 6 раз. Уровень никеля снизился в 1,6 раза. Из всех проанализированных металлов только свинец

продемонстрировал не уменьшение, а полуторакратное увеличение средней концентрации [77].

Оценка состояния гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы у амурских тигров на влияние внешних факторов окружающей среды зачастую возможна только с использованием неинвазивных методов. Использование антител к кортикостерону для иммуноферментного анализа позволяет выявить подъем концентрации иммунореактивных веществ, связывающихся с антителами к кортикостерону в экскрементах тигров, что дает возможность использования антител к кортикостерону для неинвазивного мониторинга состояния гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы у амурских тигров [97].

В качестве тест-объекта экологической обстановки в районах Прибайкалья (Иркутская область) предлагается использовать ондатру. Данный вид мелких млекопитающих благодаря многочисленности, широте распространения и удобству изучения может успешно использоваться в разнообразных экологических исследованиях в качестве тест-объекта в данном регионе. Как известно, ондатра ведет полуводный образ жизни и в связи с этим имеет непосредственный контакт не только с почвой, но и с водой. Как обитатель поверхности и водной среды она первая вступает в контакт с вредными веществами, накапливаемыми субстратом, реагирует на воздействие того или иного вещества и может служить для биоиндикационных целей. В связи с этим, в отличие от своих сухопутных собратьев, использование её в качестве морфофункционального индикатора экологической обстановки даст более объективные результаты. Более того, в самом городе Иркутске ондатра живет в условиях мегаполиса в районе природоохранной зоны Ново-Ленинских озер и по берегам Иркутского водохранилища, принимая непосредственное участие в экологическом равновесии города. Кроме того, ондатра давно и прочно стала неотъемлемой частью уникальной экосистемы озера Байкал [106, 107, 108, 113].

Исходя из проведенного нами анализа литературных источников, посвященных использованию различных видов животных в качестве биологических индикаторов для оценки экологического состояния окружающей среды можно сделать следующий вывод: различные виды животных не созданы равными, и для того, чтобы вид был ценным в качестве биоиндикатора или тест-объекта, требуется несколько критериев. Во-первых, он должен быть чувствительным к изменениям в окружающей среде, чтобы служить ранним предупреждением. Вид, который необычайно устойчив и не подвержен значительным изменениям в окружающей среде, может дать мало информации о том, что происходит в окружающей среде. Кроме того, вид должен реагировать на изменения предсказуемым образом. Если он будет неустойчиво реагировать на изменения, это затруднит интерпретацию основных экологических причин наблюдаемых изменений. Наконец, этот вид должен быть многочисленным, чтобы не возникло проблем с получением экспериментального материала, очень редкие виды могут стать плохими биоиндикаторами, потому что их будет трудно найти и изучить достаточно, чтобы сделать какие-либо значимые выводы. Эти положения относятся и к видам, животных, которые в целом плохо изучены.

Всем выше перечисленным критериям отвечает ондатра (*Ondatra zibethica* L.) выбранная нами в качестве биологического индикатора оценки влияния биогеохимических и антропогенных факторов в условиях экосистемы Байкальского региона (Иркутская область и Республика Бурятия).

объективную оценку экологической обстановки в городе и степени воздействия техногенных факторов на живой организм млекопитающих.

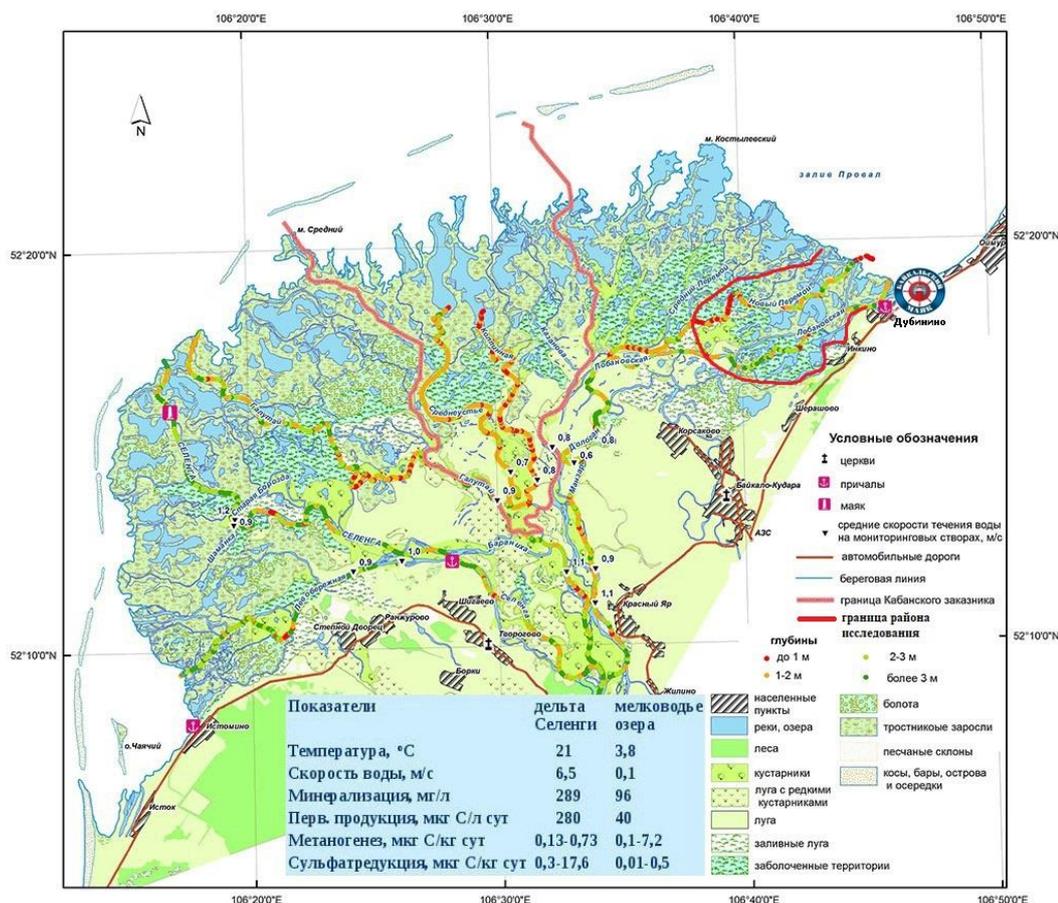


Рисунок 2 – Карта дельты реки Селенги. Граница района отлова ондатры обозначена на карте красной линией.

Для территории сравнения был использован материал, взятый из популяции ондатры обитающей в условно «чистой» природной среде (район дельты реки Селенги в протоках Новый Перемой и Лобановская напротив сельских поселений Шерашево, Инкино, Дубинино Кабанского района республики Бурятия). В месте впадения в озеро Байкал река Селенга образует большую дельту со множеством протоков, некоторые из которых в силу своих существенных размеров и протяженности имеют собственные названия (рис. 2). По величине вегетационного периода местонахождение города Иркутска и дельты реки Селенги находится на одной широте.

Материалом для гистологических и гистохимических исследований являлись щитовидные и надпочечные железы самцов и самок ондатры разных возрастов (*Ondatra zibetica*).

Возраст определяли при помощи соответствующих методик [23, 65]. Для проведения научных исследований материал был получен от 103 животных. Экспериментальный материал фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина и нейтральной смеси Шабадаша с последующим заключением в парафин.

Тушки животных подвергали взвешиванию с точностью до 1,0 г. После препарирования эндокринных органов и печени из тушек, они подвергались взвешиванию для определения относительной массы исследуемых органов к массе тела животных в зависимости от условий существования. При осмотре обращали внимание на цвет, консистенцию, форму и топографию.

Для гистологической и гистохимической оценки клеточных элементов и тканевых структур эндокринных органов изготавливали серийные парафиновые срезы толщиной 5-7 мкм на санном микротоме "С. Reichert wien", с последующей окраской гематоксилин-эозином по Караччи и по Ван Гизон. Для оценки функциональной активности клеточных ядер осуществляли окраску альциановым синим и сафранином по методу Яцковского А.Н. (1987) [137]. Подсчет ядер клеток осуществляли в 60 полях зрения при увеличении 900×, за основу количественного подсчета принимались 200 ядер.

Для обнаружения гликогена и других ШИК-положительных компонентов использовали методику А.Л. Шабадаша (1947) [128] с проведением контролей 0,5%-ным раствором α -амилазы в буферном растворе при рН 5,6 в течение 20 мин при t 37°C [109]. Выявление нейтральных гликопротеинов проводили, учитывая ШИК-реакцию после предварительной обработки гистологических срезов 5%-ным раствором солянокислого фенилгидразина в течение 60 мин при t 20°C [188]. Для выявления липидов изготавливали замороженные срезы надпочечной железы с последующей

окраской 70 %-ным спиртовым раствором судана III с подкраской гематоксилином Эрлиха [24].

При оценки морфологических параметров функциональной активности щитовидной железы исследовались следующие показатели:

Форма и средний диаметр фолликулов, их число в поле зрения, процентное соотношение крупных, средних и мелких фолликулов.

Объем фолликулов (исходя из представлений о фолликулах как об эллипсоидах) по формуле:

$$V = \pi \frac{L \times B^2}{6}$$

где L и B – больший и меньший диаметры фолликула.

Среднюю площадь тиреоцитов (исходя из формы трапеции) по формуле [39, 42]:

$$S_k = \frac{n_1 + n_2}{2} \times h$$

где S_k – площадь клетки, h – высота клетки, n_1 и n_2 – большее и меньшее основание клетки (трапеции).

Оценка функциональной активности щитовидной железы проводится с помощью вычисления фолликулярно-коллоидного индекса (индекса Брауна), который обозначает соотношение относительных объемов фолликулярного эпителия и коллоида (функциональная активность прямо пропорциональна относительному объему эпителия и обратно пропорциональна относительному объему коллоида).

При выборе морфологических критериев оценки функционального состояния надпочечной железы исследуются следующие морфологические показатели: абсолютная толщина коркового и мозгового слоя и их соотношение, абсолютная и относительная толщина клубочковой, пучковой и

сетчатой зон коры. Толщину различных зон коркового и мозгового вещества измеряли в 10 полях зрения на гистопрепарате от каждого животного.

Гистологические препараты изучали при помощи микроскопа «Levenhuk». Микро-морфометрические измерения производили при помощи программного обеспечения «Levenhuk C 510 NG 5 M pixels».

Полученные числовые данные подвергали биометрическому анализу, который проводили с использованием пакетов Statistica, Biostatica, при помощи программы Microsoft Excel. На всех этапах статистического анализа критический уровень значимости p принимался равным 0,05, при этом значения могли ранжироваться по 3 уровням достигнутых статистически значимых различий: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

2.2.2 Экологическая характеристика города Иркутска

Иркутск – город федерального значения, поскольку является областным центром, один из крупнейших городов Восточной Сибири, важный промышленный, административно-территориальный и культурный центр. Через территорию города проходят крупные автомагистрали и Восточно-Сибирская железная дорога. Основными источниками загрязнения городской среды Иркутска являются: Ново-Иркутская ТЭЦ ОАО «Иркутскэнерго», ЗАО «Байкал-Энерго» – предприятия, занимающиеся производством, передачей и распространением тепловой энергии, Иркутское авиационное производственное объединение ОАО «Корпорация Иркут», промышленные предприятия деревообрабатывающей и строительной отрасли, небольшие котельные, автомобильный и железнодорожный транспорт.

Промышленные выбросы от стационарных источников с 2017 года в 2018 году увеличились на 4,395 тыс.т. [44, 45, 46].

Экологический мониторинг в городе Иркутске проводится регулярно на шести стационарных постах (станциях) государственной службы наблюдений

за состоянием окружающей среды. Станции отслеживают состояние экологической обстановки в жилых районах города (улицы Ленина, Байкальская, Советская и Розы Люксембург), вблизи промышленных предприятий в районе улицы Сергеева и вблизи автомагистралей в районе станции «Академическая». Все станции условно делятся на «городские фоновые», «промышленные» и «авто», поскольку застройка городских массивов и расположение промышленных предприятий не позволяет сделать четкого разделения районов [72]. Мониторинг проводится в соответствии с требованиями РД.52.04186-89 [98].

Концентрация вредных веществ в атмосфере города Иркутска:

Концентрация диоксида серы. Диоксид серы относится к основным газам загрязняющих атмосферу города Иркутска. Опасные соединения серы выбрасываются в атмосферу при сжигании угольного топлива, нефти и природного газа, а также при выплавке металлов и при производстве серной кислоты [12]. В городе Иркутске ПДК диоксида серы не превышает установленных санитарных норм [98].

Концентрация диоксида азота. Диоксид азота является главным канцерогенном [141]. Средняя ПДК диоксида азота в 2017 году в атмосфере города Иркутска превысила в 1,5 раза, в 2018 году в 1,8 раза, в 2019 в 1,6 раза, причем превышение санитарной нормы отмечалось во всех районах города. Максимальная разовая концентрация в 2017 году составила 2,3 ПДК в районе улицы Ленина (центр города), 2018 году составила 1,7 ПДК в районе улицы Сергеева, а в 2019 достигла 4,5 ПДК в районе улицы Розы Люксембург (микрорайон Ново-Ленино).

Концентрация взвешенных веществ. Это одно из серьезных загрязнений атмосферы воздуха, поскольку они весьма разнородны по своему химическому составу. В виде взвеси они находятся в воздухе как твердые и жидкие компоненты различного происхождения. Источниками их являются сжигание топлива, передвижение транспорта, выбросы твердых отходов и т.п.

По городу Иркутску среднегодовая концентрация в целом составила в 2017 году – 1,6 ПДК, в 2018 году – 1,3 ПДК и в 2019 году – 1,2 ПДК, что свидетельствует об уменьшении концентрации взвешенных веществ в городе Иркутске за три года, однако показатели их выше санитарных норм, причем повышенная запыленность отмечается во всех районах города. Максимальная разовая концентрация была зафиксирована в районе улицы Ленина (центр города) в 2018 году – 2,3 ПДК и 2,5 ПДК в 2019 году.

Концентрация оксида углерода. По концентрации этого вредного агента среднегодовая норма с 2017 по 2019 год ПДК не была превышена. Максимальная концентрация в 2017 году была зафиксирована 3,3 ПДК в районе улицы Байкальская, в 2018 году 2,5 ПДК в районе улицы Сергеева и в 2019 году 4,6 ПДК в районе улицы Ленина.

Концентрация бензапирена. Бензапирен относится к полициклическим ароматическим углеводородам различного строения и из более сотни их представителей является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды опасным для человека и животных даже в минимальной концентрации, поскольку способен к биоаккумуляции [22]. Это довольно химически устойчивое соединение способное долго мигрировать из одних объектов окружающей среды в другие, в результате чего многие объекты и процессы окружающей среды, не имеющие свойств сами синтезировать бензапирен становятся его вторичными источниками. Известно мутагенное свойство бензапирена [141, 161]. В живой организм бензапирен способен проникать через кожу, органы дыхания, пищеварительную систему и трансплацентарным путем [156].

Среднегодовая концентрация бензапирена в городе Иркутске превышала ПДК в 2017 году в 3,6 раза, в 2018 году в 2,5 раза и в 2019 в 2,8 раза. Данный факт говорит о снижении концентрации бензапирена в воздухе Иркутска в течении последних трех лет, но в 2019 году отмечалась наибольшая из среднемесячных ПДК за три года в районе улицы Розы Люксембург (микрорайон Ново-Ленино) достигающая 15,3 ПДК.

Концентрация специфических примесей. Средняя концентрация формальдегида за 2017-2018 гг. составила 4,5 ПДК, а к 2019 году она несколько снизилась и составила 3,6 ПДК. Среднегодовая концентрация сажи с 2017 по 2019 год не превышала ПДК. Максимально разовая концентрация сажи в 2017 году превысила ПДК в 1,3 раза, в 2018 году в 1,5 раза, а в 2019 году в 2,7 раза, что наблюдалось в 10 % случаев. Концентрация тяжелых металлов находится на уровне санитарной нормы.

В период с 2017 по 2019 гг. отмечается увеличение среднемесячных концентраций диоксида серы, бензапирена в зимний период года, что свидетельствует о росте количества сжигаемого топлива при неблагоприятных для рассеивания примесей метеорологических условий при высокой повторяемостью приемных инверсиях, слабых ветров, застоев воздуха. Наибольшая концентрация формальдегида отмечалась в летний период времени из-за высокой интенсивности солнечной радиации.

За последние 10 лет (2009-2019 гг.) средние концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, хлора, хлорида водорода и формальдегида увеличились, а бензапирена и оксида углерода уменьшились. Уровень загрязнения в данный период времени увеличился на 25 %, а за 5 лет уменьшился на 15 %. Снижение уровня загрязнения за последние пять лет случилось за счет снижения концентрации диоксида азота, оксида углерода и бензапирена.

Основным климатообразующим фактором Восточной Сибири, который определяет неблагоприятный характер метеоусловий является формирование в зимнее время азиатского антициклона. Характерными явлениями для такой синоптической ситуации являются ясная, безветренная погода, отсутствие осадков, туманы образующиеся в течение первой половины дня, многослойные мощные и интенсивные инверсии. Климатические условия региона характеризующиеся большой повторяемостью и мощностью приземных инверсий, слабых ветров, застоев воздуха создают самые неблагоприятные условия для рассеивания примесей: Иркутская область

относится к пятой зоне с очень высоким потенциалом загрязнения атмосферы [72].

Главная водная артерия города Иркутская это река Ангара с двумя крупными притоками реками Иркутом и Ушаковка. Река Ангара протекает на всем протяжении города и в районе микрорайона Солнечный (юго-восточная окраина города) перекрывается плотиной Иркутской ГЭС образуя в этом микрорайоне Иркутское водохранилище.

Масштабная техногенная трансформация геосистем связана с гидроэнергетическим строительством на Ангаре во второй половине XX века, когда был построен каскад водохранилищ ГЭС, который позволяет производить более 40 % промышленной продукции Иркутской области [75]. Водоохранилища оказывают разностороннее воздействие на окружающую среду, в том числе негативное [25].

Вследствие резкого снижения скорости водообмена и загрязнения воды стоками города Иркутска водно-экологическая ситуация экосистемы неудовлетворительная. Конечно, можно найти и некоторые плюсы. С изменением ледового и уровненного режима исчезли зажоры и зимние наводнения в верхней части Ангары, ранее неоднократно приносившие большие беды Иркутску и другим населенным пунктам. [28]. Зона влияния Иркутского водохранилища характеризуется высокой динамичностью, взаимосвязью с эксплуатационными колебаниями воды в водоемах и постоянно претерпевают трансформацию [63].

Наиболее опасным для водных объектов является загрязнение их неочищенными и недостаточно очищенными промышленными и коммунальными стоками. Обстановка со сточными водами в бассейне реки Ангары представляется очень напряженной: в природные водотоки и водоемы на начало 1990-х годов здесь сбрасывалось около двух кубических километров сточных вод. Бассейн Ангары принимает около семи процентов от общего объема загрязненных сточных вод России и превосходит по этому показателю все остальные бассейны страны, кроме Волги с Камой и Окой. Антропогенная

нагрузка на Ангару значительно больше, чем на другие великие реки Сибири. Можно еще сказать, что количество загрязненных вод, поступающих в Ангару, превышает общие объемы стоков в таких крупных странах СНГ, как Казахстан (почти в 6 раз) или Беларусь (в 30 раз) [58].

Экологическая обстановка усугубляется крайне неэффективной работой подавляющего большинства очистных сооружений. До нормативных показателей очищается менее одного процента загрязненных стоков. В водные объекты ангарского бассейна поступают тысячи тонн различных загрязняющих веществ, многие из которых токсичны. На Ангару, на ее водохранилища и притоки приходится свыше 11 % от общего объема российского сброса нитратов, более 8 % ртути, 7% цианидов, 6 % фенолов и т.д. Сложившееся положение ярко отражает ресурсоемкую, колониальную специализацию экономики Приангарья [70, 99, 177].

Иркутское водохранилище представляет собой затопленную долину реки Ангары протяженностью 55 км, шириной от 1 км в её истоке, до 2,5 км у плотины ГЭС и является небольшой частью головного водохранилища Ангарского каскада ГЭС - оз. Байкал. Уровневый режим водохранилища определяется в основном неравномерным режимом работы Иркутской ГЭС и стоком воды из оз. Байкал. Качество воды водохранилища определяется химическим составом байкальских вод, являющихся основным источником формирования водной массы водоема. В донных отложениях содержание ртути колеблется от 0,01 до 0,08 г/т, серы (общ.) от менее 200 до 2400 г/т, фтора от 900 до 2500 г/т (в районе плотины ГЭС). Здесь же обнаружены хлорорганические пестициды в поверхностном и в придонном слоях. Экосистема водохранилища в районе истока реки Ангары по гидробиологическим показателям характеризуется устойчивостью и определяется фоновым состоянием. Сообщество зоопланктона представлено байкальским комплексом, показатели численности и биомассы низки. По совокупности определяемых показателей водоем оценивается: на фоне – воды

относительно чистые – II класс, на замыкающем – умеренно загрязненные – III класс [58, 70, 157, 177].

Очень высоким качеством воды характеризуется исток Ангары и Иркутское водохранилище, где основную роль в формировании гидрохимического режима играют чистые воды Байкала. В нижнем бьефе Иркутской ГЭС Ангара обладает весьма благоприятными условиями разбавления стоков в силу больших и стабильных расходов воды, а самоочищающая способность реки даже улучшилась, благодаря интенсивному перемешиванию потока и свободному доступу кислорода в водную толщу в зимний период. Однако, уже выпуск сточных вод Иркутска приводит к увеличению в воде реки выше предельно допустимых концентраций (ПДК) содержания взвешенных веществ, хлоридов, сульфатов, фенолов, нефтепродуктов, меди, смол и асфальтенов, органических веществ [157]. Согласно методике Госкомгидромета [44, 45, 46], оценивающей качество поверхностных вод по индексу загрязнения воды (ИЗВ), Ангара ниже Иркутска относится к III классу качества.

Подводя итоги проведенного исследования экологического состояния городской среды Иркутска можно утверждать, что качество атмосферного воздуха в городе по состоянию на 2019 год было неудовлетворительным. В Иркутске довольно высокий уровень загрязнения воздуха такими веществами как бензапирен, диоксид азота, формальдегид, взвешенные вещества и сажа. В холодные периоды года среднемесячные концентрации бензапирена в городе Иркутске выше 10 ПДК, а в теплый период времени концентрация формальдегида составляет 10 ПДК. В течении 10 лет концентрации взвешенных веществ в городе увеличились. Основополагающими загрязняющими факторами в городе Иркутске являются выбросы тепловых электростанций, которые работают в основном на твердом топливе, промышленных предприятий, частного сектора, небольших котельных и выхлопы автомобильного транспорта. Немаловажное влияние на

экологическую ситуацию в городе оказывают неблагоприятные метеорологические условия.

Состояние водной артерии города также неидеально. Основными загрязнителями реки являются промышленные и бытовые стоки города Иркутска. К основным загрязняющим агентам следует отнести взвешенные вещества, нитриты, цианиды, смолы, фенолы, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, асфальтены, ртуть, фтор и сера. Вода реки Ангары в городе Иркутске согласно индексу загрязнения вод, относится к III классу – умеренно загрязненные воды.

2.2.3 Экологическая характеристика района дельты реки Селенги

Река Селенга является самой крупной водной артерией Монголии и Забайкальского региона России. Бассейн реки на территории Монголии составляет 57 % поверхностных вод всей страны. Селенга является главным поставщиком пресной воды в озеро Байкал (около 50 % ежегодного притока). Общая площадь бассейна реки Селенги составляет 447060 км из них 299000 км (66 %) находится в Монголии и 148060 км на территории России. Селенга образуется слиянием двух рек – Идэр и Мурэн, основные притоки Селенги: Эгин Гол, Орхон (находятся на территории Монголии) и Джида, Хилок, Чикой, Уда (находятся на территории России).

Большинство рек бассейна реки Селенги являются реками с весенним половодьем и паводками в теплый период времени. Фазы водного режима бассейна реки Селенги характеризуются четко выраженными половодьями, паводками и зимними меженьями. Половодье на большинстве рек бассейна Селенги начинается в первой половине апреля, пик половодья приходится на первую-вторую декаду мая [10, 27].

Наиболее освоенной в промышленном отношении является территория в нижнем течении реки Селенги. Это промышленные предприятия Улан-Удэ,

Селенгинска и Гусиноозёрска. Самым крупным промышленным центром является город Улан-Удэ, на его долю приходится до 40 % всех техногенных загрязняющих веществ.

Анализ эколого-геохимической ситуации реки Селенги показал, что в водах реки повышен природный фон органических веществ, взвешенных веществ, поступающих в реку в результате ветровой и водной эрозии, которые увеличились за последние 10 лет за счет вырубки лесных массивов в притоках реки Селенги (реки Хилок, Уда, Чикой), лесных пожаров, распашки земель в нижнем течении реки [54].

Данные о результатах техногенного прессинга показали, что река Селенга загрязнена органическими веществами и нефтепродуктами практически на всем своем протяжении, начиная от Монголии, причем основная их часть принадлежит неучтенным источникам загрязнения. Высокие концентрации нефтепродуктов наблюдались у п. Наушки, где средняя их концентрация за год превышала ПДК в 2-5 раз [10].

Анализ соотношения форм миграции химических элементов в речных водах Селенги показал, что для большинства тяжёлых металлов, металлоидов (ТТМ) преобладают взвешенные формы в верхней части бассейна и растворенные в средней и нижней. Доля взвешенных форм миграции резко возрастает при прохождении паводков, особенно в верховьях рек, в нижней части бассейна и растворенные в средней и нижней. Доля взвешенных форм миграции резко возрастает при прохождении паводков, особенно в верховьях рек; в нижней части бассейна влияние паводков на соотношение форм уменьшается, что особенно заметно в дельте реки Селенги [11, 59].

Район дельты реки Селенги состоит из 85 % периодически затапливаемой суши, 5 % – озёра и 10 % протоки [53]. Дельту реки Селенги можно отнести к природной геохимической аномалии, которая в полной мере проявляется в тектонически активной внутриконтинентальной рифовой зоне [10].

Уровневый режим озера Байкал как принимающего водоёма и формирующего базис эрозии является одним из ведущих факторов современного формирования дельты реки Селенги. Создание Иркутской ГЭС ознаменовало новый этап развития байкальских берегов, в том числе и устьев притока озера. Для дельты реки Селенги повышение уровня Байкала, в первую очередь, отразилось в затоплении больших площадей озерного края, повышения уровня грунтовых вод и как следствие, подтопление субаэральной части, образованием множества внутридельтовых водоёмов, перестройки системы дельтовых водотоков, формированием междуречных пространств и др. [52, 53, 54].

В 1973 году рядом с посёлком городского типа Селенгинском был построен Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат (СЦКК). В 1991 году на нем была введена система замкнутого водооборота. По заявлению предприятия сброс сточных вод в реку Селенгу полностью прекращён, однако комбинат продолжает загрязнять атмосферный воздух, ежегодно выбрасывая более 10000 м³ твёрдых отходов, содержащих тяжёлые металлы и хлорорганические соединения, которые просачиваясь попадают в воду Селенги.

Для дельты реки Селенги вероятным источником поступления полициклических ароматических углеводородов может быть атмосферный перенос из Иркутско-Черемховского промышленного комплекса. Поступление стойких органических загрязнителей обусловлено локальными источниками, а также атмосферным переносом полихлорированных бифенилов [125].

Результаты исследования экологического состояния реки Селенги и её дельты показали, что на формирование гидрохимического режима реки существенное воздействие оказывают впадающие в неё притоки. Негативное влияние на качество воды бассейна реки Селенги оказывают городские поселения, энергетические и промышленные объекты, индустриальные и сельскохозяйственные предприятия, рудники, очистные сооружения, железнодорожные станции, нефтебазы, АЗС, ТЭЦ и ГРЭС. Основными

загрязняющими агентами вод бассейна реки Селенги являются: природные органические и взвешенные органические вещества, нефтепродукты, тяжёлые металлы хлорорганические соединения, полихлорированные бифенилы и полициклические ароматические углеводороды, причем содержание их в районе дельты реки Селенги уменьшается. Район дельты реки Селенги относится к природной геохимической аномалии.

2.2.4 Морфофизиологическая характеристика ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги

Для определения морфофизиологических характеристик ондатры в изучаемых районах использовали соответствующую методику [86], исследовалась динамика массы тела, отношения массы к длине тела, индексов щитовидной железы, надпочечника, печени и гепатосупраренального коэффициента для которых использовалась трех факторная модель дисперсионного анализа таких как «геохимический фактор», «пол» и «репродуктивный статус», в частности под «геохимическим фактором» рассматривали территории обитания ондатры: город Иркутск и дельта реки Селенги; «пол» – самцы и самки и «репродуктивный статус» – половозрелые и неполовозрелые животные (табл. 1).

По результатам проведенного трехфакторного дисперсионного анализа были выявлены статистически значимые эффекты всех исследуемых факторов морфофизиологических показателей ондатры (табл. 2). Статистически значимыми оказались двухфакторные взаимодействия: геохимический фактор и пол, пол и репродуктивный статус.

Следовательно, геохимические условия вместе с такими факторами как пол и репродуктивный статус могут оказывать влияние на морфофизиологические показатели ондатры исследуемых нами районов.

Таблица 1 – Морфофизиологические показатели ондатры исследуемых факторов (пол, репродуктивный статус, геохимический статус)

Пол		Самцы		Самки	
Репродуктивный статус		Половозрелые	Неполовозрелые	Половозрелые	Неполовозрелые
Геохимический фактор (кол-во животных n =)	г. Иркутск	16	9	14	4
	Дельта реки Селенги	18	9	25	8
Масса животного (г)	г. Иркутск	1165,4 ± 14,34	735,0 ± 6,34	1033,7 ± 12,65	675,5 ± 6,25
	Дельта реки Селенги	1367,5 ± 12,43	928,0 ± 9,68	1224,6 ± 12,68	847,6 ± 9,53
Отношение массы к длине тела (г/см)	г. Иркутск	2,16 ± 0,12	1,81 ± 0,14	2,17 ± 0,22	1,77 ± 0,12
	Дельта реки Селенги	2,12 ± 0,12	1,95 ± 0,12	2,12 ± 0,23	1,75 ± 0,15
Индекс печени (‰)	г. Иркутск	65,57 ± 3,56	57,67 ± 4,17	77,28 ± 6,74	72,94 ± 7,08
	Дельта реки Селенги	57,84 ± 4,14	67,68 ± 5,68	79,94 ± 5,17	69,08 ± 9,08
Индекс надпочечника (‰)	г. Иркутск	0,27 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,55 ± 0,07	0,52 ± 0,09
	Дельта реки Селенги	0,23 ± 0,02	0,24 ± 0,03	0,67 ± 0,22	0,85 ± 0,35
Гепатосупраренальный коэффициент	г. Иркутск	265,3 ± 24,6	283,5 ± 32,3	145,7 ± 16,5	152,5 ± 21,6
	Дельта реки Селенги	272,8 ± 33,6	304,8 ± 45,3	139,3 ± 30,7	93,4 ± 26,6
Индекс щитовидной железы (‰)	г. Иркутск	5,92 ± 0,30	8,40 ± 1,28	7,67 ± 0,80	7,95 ± 0,65
	Дельта реки Селенги	8,40 ± 0,67	9,43 ± 1,00	11,12 ± 1,89	9,20 ± 1,20

Таблица 2 – Показатели многомерного дисперсионного анализа изменчивости морфофизиологических характеристик ондатры

Источники дисперсии	Wilkes L (6,112)	Rao's R(6,112)	p
1 Геохимический фактор	0,820	4,099	0,001
2 Пол	0,452	22,597	2,16E-17
3 Репродуктивный статус	0,266	51,620	5,14E-30
12	0,802	4,609	3,21E-04
13	0,869	2,818	0,014
23	0,611	11,860	2,87E-10
14	0,958	0,822	0,556
24	0,585	13,262	2,64E-11
34	0,865	2,925	0,011
123	0,917	1,684	0,132
124	0,914	1,767	0,112
134	0,964	0,717	0,637

Примечание: жирным шрифтом выделены наиболее значимые эффекты

При проведении анализа частных эффектов действия факторов с использованием одновременного F-критерия позволил установить статистически значимые отклонения отдельных показателей морфофизиологической характеристики ондатры.

Анализ действия геохимических условий на морфофизиологическую характеристику ондатры в районе дельты реки Селенги показал увеличение индекса надпочечника (табл. 3), которое может быть следствием интенсификации его функции и напряженности энергетического обмена в естественных природных условиях. Изменение абсолютных значений массы надпочечников ондатры совпадает с динамикой его индексов.

Масса животных и индекс упитанности как отношение массы к длине тела относятся к достоверным и как правило часто используемыми многими исследователями индикаторами общего физиологического состояния животных и благополучия популяции. Однако нами статистически значимых

отклонений данных показателей на исследуемых территориях не обнаружено (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели дисперсионного анализа изменчивости морфофизиологических характеристик ондатры (частные эффекты геохимического фактора)

Показатели	Средние невзвешенные (дельта Селенги/г. Иркутск)	F (1,117)	p
Масса животного, г	19,52/20,29	1,931	0,167
Отношение массы к длине тела, г/см	2,06/2,10	0,412	0,522
Индекс печени, ‰	65,79/69,60	2,12	0,140
Индекс надпочечника, ‰	0,39/0,32	12,249	6,6E-04
Гепатосупраренальный коэффициент	223,9/263,4	3,602	0,060
Индекс щитовидной железы, ‰	8,87/8,34	1,526	0,219

Примечание: жирным шрифтом выделены наиболее значимые эффекты

В условиях существования ондатры в городе Иркутске и дельты реки Селенги нами не обнаружено статистически значимого снижения значений индекса печени и щитовидной железы. Также не обнаружено различий между животными исследуемых районов обитания по гепатосупраренальному коэффициенту (табл. 3).

У ондатры как существующей в естественной среде обитания, так и под воздействием антропогенных факторов обнаружены довольно четкие различия по половым признакам относительных весовых показателей печени, надпочечника и гепатосупраренального коэффициента (табл. 4).

У самок печень оказалась крупнее, чем у самцов, что по-видимому обусловлено существенными затратами энергии при вынашивании плодов и вскармливании молодняка.

Относительно высокие весовые показатели надпочечников самок обусловлены действием эстрогенов на функциональную активность органа эндокринной регуляции.

Таблица 4 – Показатели дисперсионного анализа изменчивости морфофизиологических характеристик ондатры (частные эффекты полового фактора)

Показатели	Средние невзвешенные (самцы/самки)	F (1,117)	p
Масса животного, г	19,87/19,94	0,021	0,887
Отношение массы к длине тела, г/см	2,08/2,10	0,003	0,957
Индекс печени, ‰	63,64/71,74	9,997	0,002
Индекс надпочечника, ‰	0,24/0,47	125,452	3,12E-20
Гепатосупраренальный коэффициент	289,6/197,7	19,556	2,2E-05
Индекс щитовидной железы, ‰	8,31/8,91	2,019	0,158

Примечание: жирным шрифтом выделены наиболее значимые эффекты

Статистически отмеченное существенное снижение гепатосупраренального коэффициента у самок ондатры может быть связано с более высокими энергозатратами и возможно низким энергетическом потенциалом.

Что касается массы тела, индекса упитанности и относительной массы щитовидной железы статистически значимых различий между половыми группами не обнаружено.

Репродуктивный статус ондатры по морфофизиологическим характеристикам был обусловлен статистически значимыми различиями между половозрелыми и неполовозрелыми животными. Половозрелые особи характеризуются большей массой тела, отношением массы к длине тела (упитанностью), высокими показателями индекса надпочечника и низкими значениями гепатосупраренального коэффициента (табл. 5).

Таблица 5 – Показатели дисперсионного анализа изменчивости морфофизиологических характеристик ондатры (частные эффекты репродуктивного статуса)

Показатели	Средние невзвешенные (половозрелые/неполовозрелые)	F (1,117)	p
Масса животного, г	24,44/15,36	270,146	0
Отношение массы к длине тела, г/см	2,36/1,79	124,111	4,33E-20
Индекс печени, ‰	69,88/65,50	2,922	0,090
Индекс надпочечника, ‰	0,37/0,33	3,981	0,048
Гепатосупраренальный коэффициент	219,8/267,5	5,279	0,023
Индекс щитовидной железы, ‰	8,37/8,84	1,223	0,271

Примечание: жирным шрифтом выделены наиболее значимые эффекты

2.2.5 Эффекты взаимодействия исследуемых факторов в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги

Анализ эффектов взаимодействий факторов ответственных за изменчивость морфофизиологических характеристик ондатры показал, что естественные природные условия обитания ондатры (дельта реки Селенги) способствуют усилению различий морфофизиологических характеристик, а также возможно увеличению интенсивности энергетического обмена вызванные действием других факторов. Данные эффекты продемонстрированы на примере индексов надпочечника (рис. 3, 4).

Статистически значимое взаимодействие геохимического и полового факторов демонстрирует более значительное увеличение индекса надпочечника у самок, обитающих в городской среде Иркутска (рис. 3).

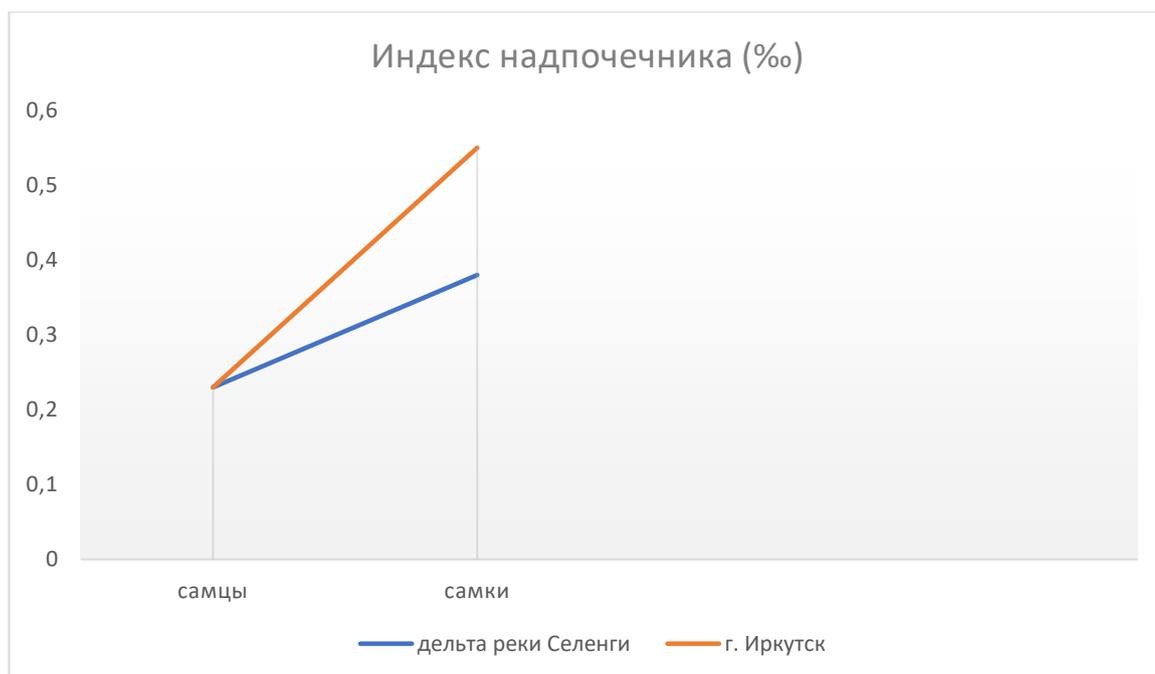


Рисунок 3 – Индекс надпочечника ондатры (средние невзвешенные) при взаимодействии геохимического фактора с половым фактором. Rao R (6,112) = 2,82; $p \leq 0,01$.

Исходя из этого можно сказать, что взаимодействия геохимических условий с половой принадлежностью свидетельствуют об усилении в условиях антропогенного воздействия биологических эффектов, обусловленных половыми особенностями животных.

При взаимодействии эффектов полового фактора и репродуктивного статуса было обнаружено, что надпочечники у половозрелых самок ондатры в большей степени гипертрофированы нежели у самцов (рис. 4).

Статистически значимые взаимодействие фактора «пол» и «репродуктивный статус» вероятно могут являться следствием тесной взаимосвязи демографической структуры населения с динамикой популяционных процессов. Гипертрофия надпочечников самок ондатры может являться следствием особенностей действия эстрогенов на функциональную активность надпочечной железы.

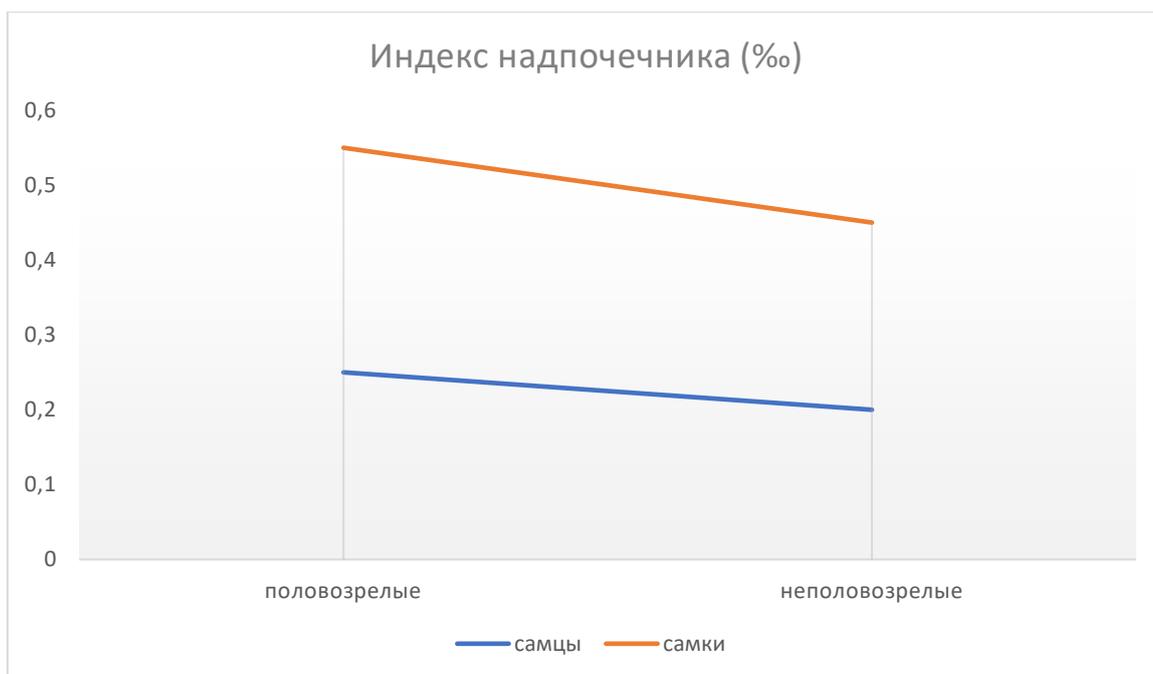


Рисунок 4 – Индекс надпочечника ондатры (средние невзвешенные) при взаимодействии факторов «пол» и «репродуктивный статус». Rao R (6,112) = 2,93; $p \leq 0,01$.

2.2.6 Структурно-функциональная характеристика щитовидной железы ондатры, обитающей в условиях антропогенной и природной среды

Щитовидная железа ондатры покрыта нежной соединительнотканной капсулой, располагается на трахее между 1-3 трахеальных колец и делится на левую и правую доли трапециевидной формы, каудальные концы которых соединены тонким паренхиматозным перешейком, поверхности долей гладкие, бледно-розового цвета. Доли расположены симметрично по дорсолатеральному краю трахеи каудально от щитовидного хряща между пищеводом и грудино-щитовидным мускулом (рис. 5). Магистральными сосудами для щитовидной железы ондатры являются левая (диаметр – $3,2 \pm 0,14$ мм) и правая (диаметр – $2,5 \pm 0,15$ мм).

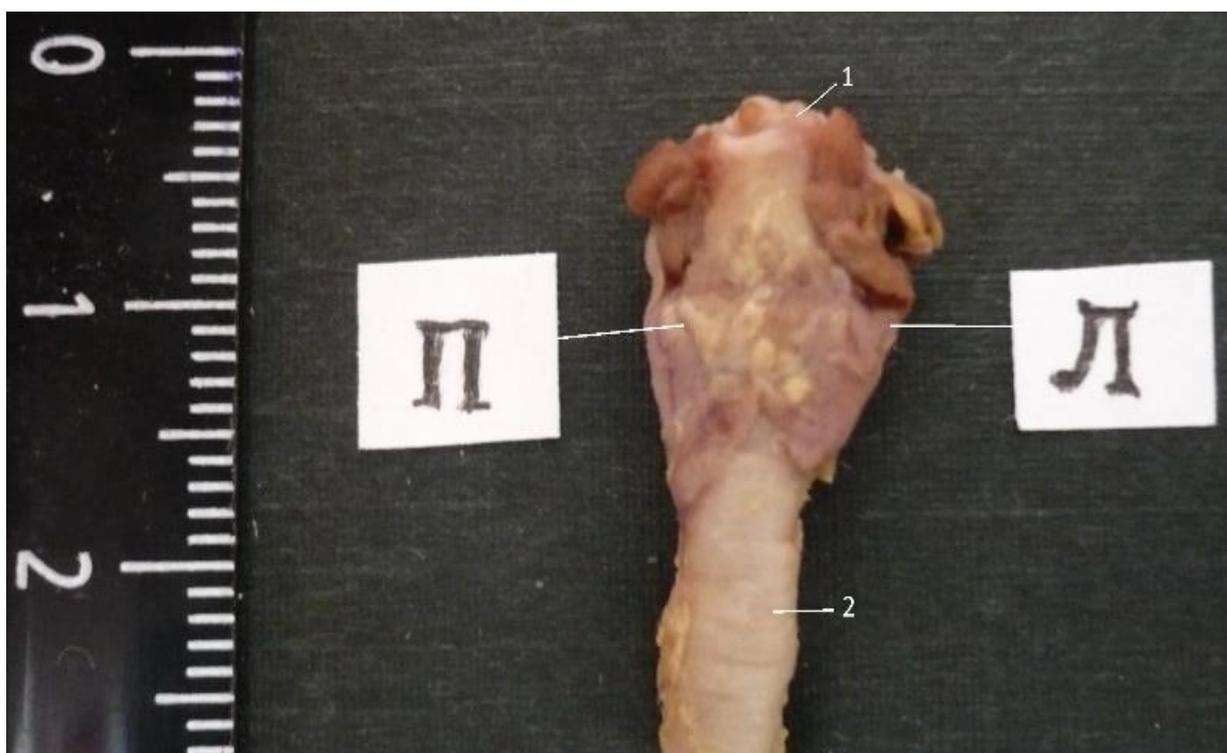


Рисунок 5 – Щитовидная железа ондатры: п – правая доля; л – левая доля; 1 – гортань; 2 - трахея

Общие сонные артерии от которых ответвляются парные краниальные (диаметр – $0,8 \pm 0,05$ мм) и каудальные (диаметр – $0,6 \pm 0,04$ мм) щитовидные артерии имеющие одинаковые углы отхождения.

Помимо них у щитовидной железы имеются дополнительные источники артериального кровоснабжения, такие как ветви артерий смежных с ней органов: трахеи, гортани, пищевода, тимуса и близлежащих мышц.

Щитовидная железа ондатры имеет типичное фолликулярное строение. Главными структурными компонентами органа являются фолликулы различной формы и размеров. Отчётливо прослеживается тенденция к численному преобладанию фолликулов округлой и овальной форм. По периферии долей, как правило, располагаются более крупные, а в центре – более мелкие фолликулы. В структуре органа отмечается высокая функциональная активность, что выражается в деструкции некоторых фолликулов; тиреоидный эпителий находится в состоянии дегенерации и десквамации. В фолликулах коллоид разжижен и имеет вакуоли, в некоторых

фолликулах коллоид практически отсутствует, что свидетельствует об активном поступлении гормона из последнего в кровяное русло (рис. 6).

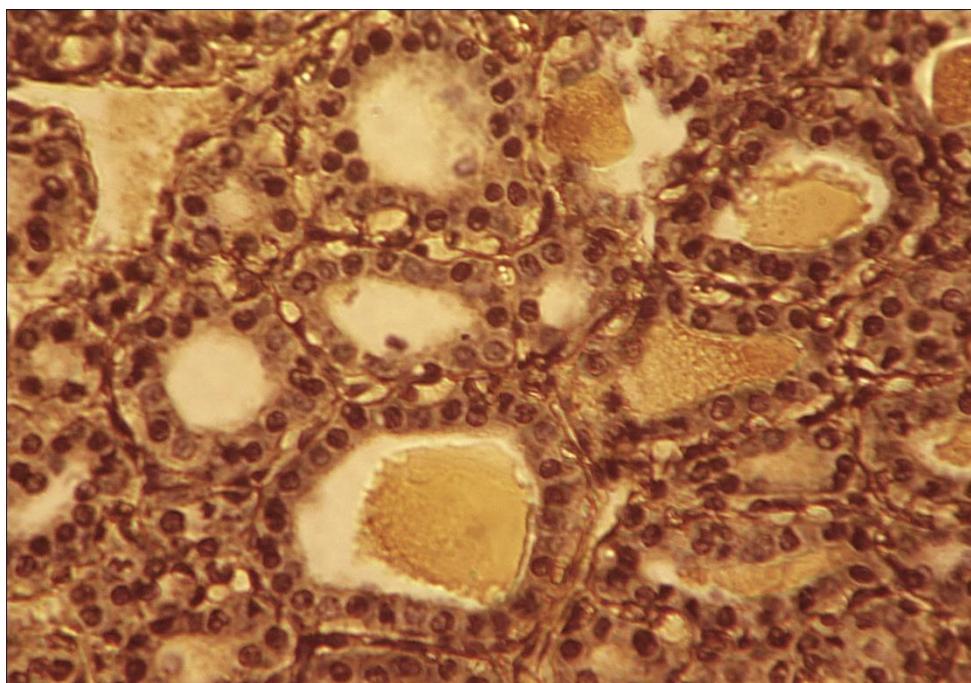


Рисунок 6 – Фолликулы щитовидной железы ондатры. Формалин. Ван Гизон. (40×10).

Гистологическая картина щитовидной железы ондатры обитающей в условиях микрорайона Солнечный (юго-западная окраина города) несколько отличается от животных остальных групп: по периферии органа находятся более крупные фолликулы, в которых встречаются уплощённые тироциты, центральные участки долей которых представлены более мелкими фолликулами с тироцитами кубической или низкопризматической формы. Следует отметить, что среди фолликулов периферической зоны появляются относительно мелкие фолликулы.

В щитовидной железе ондатры, обитающей в естественных природных условиях дельты реки Селенги отмечается некоторое уменьшение размеров фолликулов периферической зоны. Часть их приобретает неправильную форму. В целом в органе преобладают фолликулы некрупного размера. Некоторые из них содержат плотный гомогенный коллоид с равномерным

краем, другие – коллоид меньшей плотности с фестончатым краем. Большая часть тироцитов имеет кубическую или низкопризматическую форму.

Анализ морфометрических показателей щитовидной железы ондатры в зависимости от среды обитания показал увеличение среднего диаметра и объема фолликулов, высоты и площади тироцитов у исследуемых животных, обитающих в районе Ново-Ленино и острова Конный на 10,8 %, ($p \leq 0,05$) по сравнению с особями, обитающими в условиях микрорайона Солнечный и на 15,4 %, ($p \leq 0,05$) по сравнению с районом дельты реки Селенги (табл. 6).

Показатель индекса Брауна в экспериментальных группах районов Ново-Ленино и острова Конный ниже на 10,2 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с таковыми в микрорайоне Солнечный и на 15,0 % ($p \leq 0,05$).

Увеличение среднего диаметра и объема фолликулов, высоты и площади тироцитов в щитовидной железе обусловлено наличием большого количества фолликулов крупного размера на фоне общего микрофолликулярного строения паренхимы, что свидетельствует о гиперфункции щитовидной железы у ондатры, существующей в условиях районов Ново-Ленино и остров Конный, что является следствием усиления секреторной активности тироидной паренхимы и возможно способствует формированию долговременной адаптации в экстремальных условиях городской среды.

Напротив, основная масса фолликулов щитовидной железы у ондатры, обитающей в микрорайоне Солнечный и дельты реки Селенги имеют средние и небольшие размеры, что свидетельствует о нормальном функциональном состоянии органа.

Отмечен половой диморфизм (табл. 6) в увеличении морфофункциональных показателей щитовидной железы ондатры, так средний диаметр и объем фолликулов, высота и площадь тироцитов у самок ондатры несколько выше, а индекс Брауна ниже по сравнению с самцами.

Таблица 6 – Морфометрические показатели щитовидной железы ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги

Показатели		Районы сбора экспериментального материала			
		Ново-Ленино (n = 9♂) (n = 6♀)	Остров Конный (n = 6♂) (n = 5♀)	Микрорайон Солнечный (n = 10♂) (n = 7♀)	Дельта реки Селенги (контроль) (n = 27♂) (n = 33♀)
Толщина капсулы (мкм)	♂	7,18 ± 0,17***	7,54 ± 0,09***	8,15 ± 0,17***	8,02 ± 0,04
	♀	6,14 ± 0,16***	7,60 ± 0,09***	7,15 ± 0,09***	7,02 ± 0,05
Число фолликулов в поле зрения	♂	126,80 ± 3,53***	123,20 ± 2,79***	112,20 ± 2,79***	114,00 ± 2,80
	♀	136,20 ± 2,83***	130,00 ± 3,82***	116,80 ± 3,53***	116,76 ± 2,83
Средний диаметр фолликулов (мкм)	♂	50,36 ± 0,52***	48,32 ± 0,29***	45,36 ± 0,52***	43,72 ± 0,31
	♀	52,40 ± 0,37***	52,37 ± 0,36***	50,46 ± 0,48***	47,35 ± 0,29
Средний объем фолликулов (мкм ³)	♂	853,87±14,26***	821,59±12,43***	653,87±13,26***	518,04±10,22
	♀	865,67±14,28***	846,60±14,26***	670,67±12,46***	521,59±9,43
Высота тироцитов (мкм)	♂	14,71±0,12***	14,20±0,02***	12,21±0,06***	11,01±0,06
	♀	16,86±1,83***	16,21±1,60***	14,21±0,10***	12,55±0,08
Средняя площадь тироцитов (мкм ²)	♂	223,04±0,70***	220,04±0,72***	212,54±0,70***	210,62±1,52
	♀	234,05±0,63***	230,12±1,54***	214,43±1,55***	212,32±0,66
Индекс Брауна (ед)	♂	3,4	3,4	3,7	4,0
	♀	3,2	3,2	3,5	3,7

Примечание: ♂- самцы; ♀- самки; различия по сравнению с контролем статистически достоверны: *** - при $p \leq 0,001$; ** - при $p \leq 0,01$; * - при $p \leq 0,05$.

Результат проведения реакции на выявление функциональной активности ядер по методу Яцковкого показал преобладание в щитовидной железе ондатры (табл. 7), обитающей в условиях районов Ново-Ленино (северо-западная окраина города) и остров Конный (центр города) тироцитов ядер, содержащих эухроматин (рис. 7) по сравнению с микрорайоном Солнечный (юго-западная окраина города) и дельты реки Селенги (рис. 8).

Таблица 7 – Морфофункциональная активность клеток тиреоцитов щитовидной железы ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги

Показатели		Районы сбора экспериментального материала			
		Ново-Ленино (n = 9♂) (n = 6♀)	Остров Конный (n = 6♂) (n = 5♀)	Микрорайон Солнечный (n = 10♂) (n = 7♀)	Дельта реки Селенги (контроль) (n = 27♂) (n = 33♀)
Средний диаметр клеток (мкм)	♂	12,2±0,15***	10,3±0,12***	8,4±0,05***	8,5±0,14
	♀	14,3±0,15***	12,4±0,12***	10,2±0,14***	9,1±0,15
Объем ядер клеток (мкм ³)	♂	208,5±4,76	205,8±5,75	188,7±6,23	183,5±2,74
	♀	210,4±5,35	208,4±5,38	190,5±4,37	187,4±3,96
Ядерно- цитоплазматическое соотношение (ед.)	♂	223,04±0,70**	220,04±0,72**	212,54±0,70**	210,34±0,86
	♀	234,05±0,63**	230,12±1,54**	214,43±1,55**	215,36±1,23
Активность ядер клеток (Р %)	♂	90,7±4,52***	85,0±3,05***	83,2±3,40***	75,0±3,06
	♀	93,5±3,28***	88,0±2,93***	85,4±3,28***	78,0±2,93

Примечание: ♂- самцы; ♀- самки; различия по сравнению с контролем статистически достоверны: *** - при $p \leq 0,001$; ** - при $p \leq 0,01$; * - при $p \leq 0,05$.

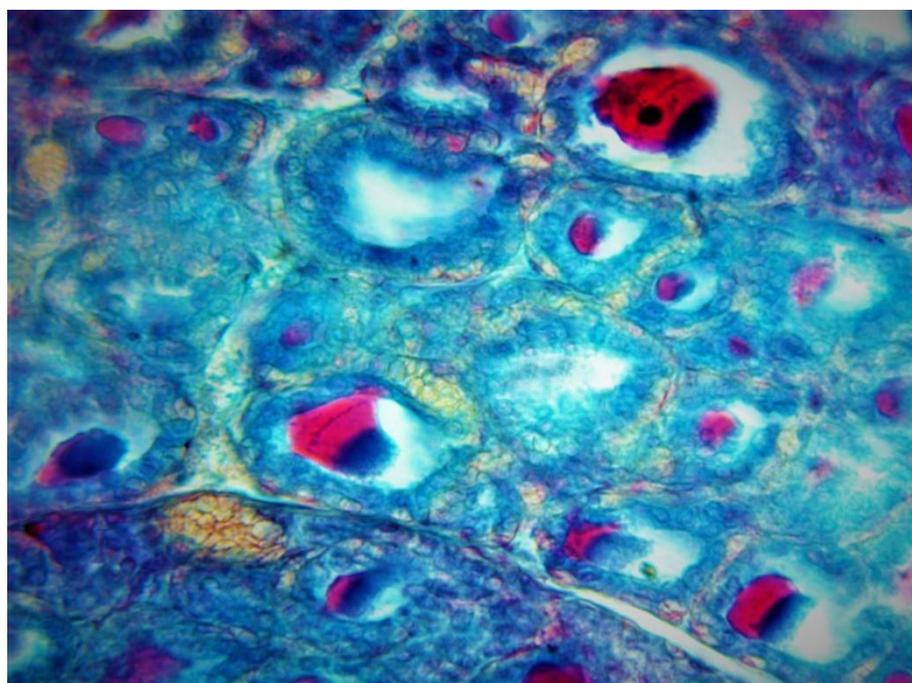


Рисунок 7 – Фолликулы щитовидной железы ондатры обитающей в условиях микрорайона Ново-Ленино. Формалин. Яцковский. (40×10).

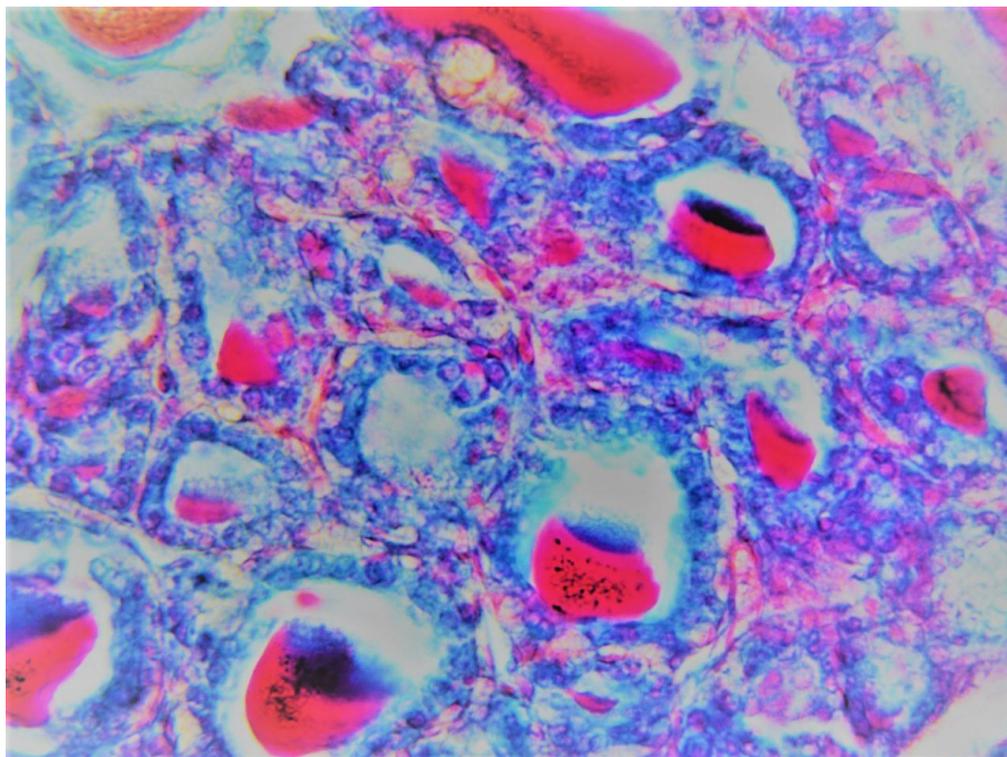


Рисунок 8 – Фолликулы щитовидной железы ондатры обитающей в условиях дельты реки Селенги. Формалин. Яцковский. (40×10).

ШИК-положительные вещества в щитовидной железе ондатры, обитающей в условиях дельты реки Селенги (рис. 9) в умеренном количестве представлены гликогеном, о чем свидетельствует некоторое снижение интенсивности окраски в цитоплазме тиреоцитов после ферментативной обработки α -амилазой и нейтральные гликопротеины при помощи PAPS-реакции.

В щитовидной железе ондатры, обитающей в условиях городской среды всех исследуемых районов выявлено лишь наличие нейтральных гликопротеинов при полном отсутствии гликогена (рис. 10).

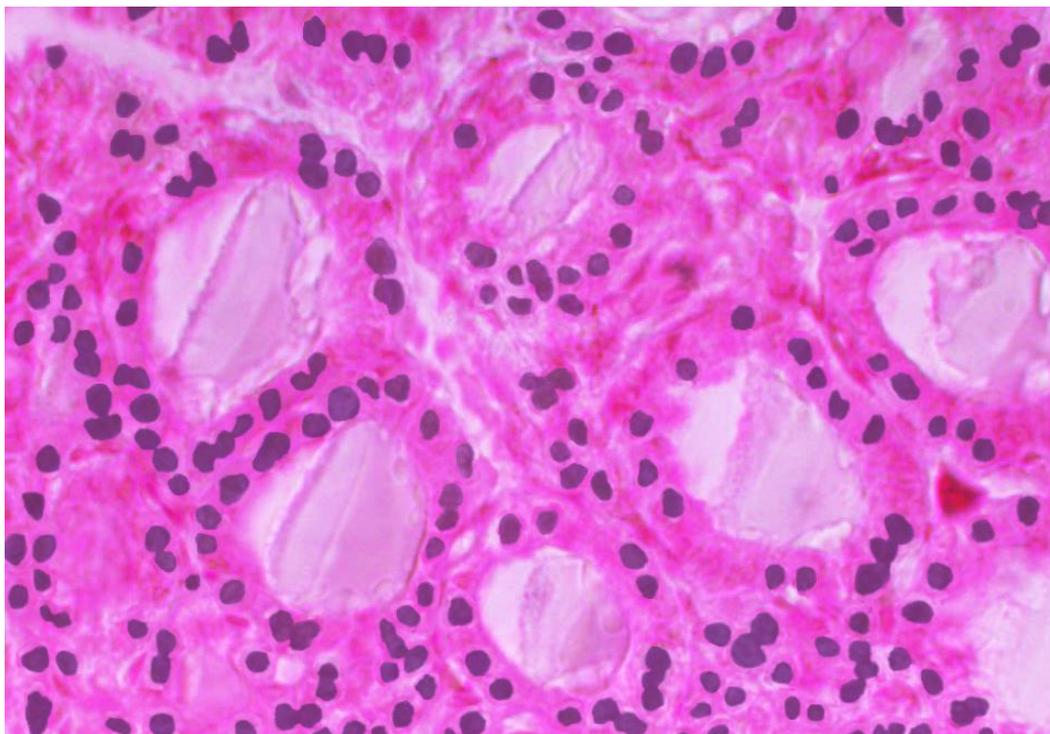


Рисунок 9 – Фолликулы щитовидной железы ондатры обитающей в условиях дельты реки Селенги. Шабдаш. ШИК-реакция. (40×172)

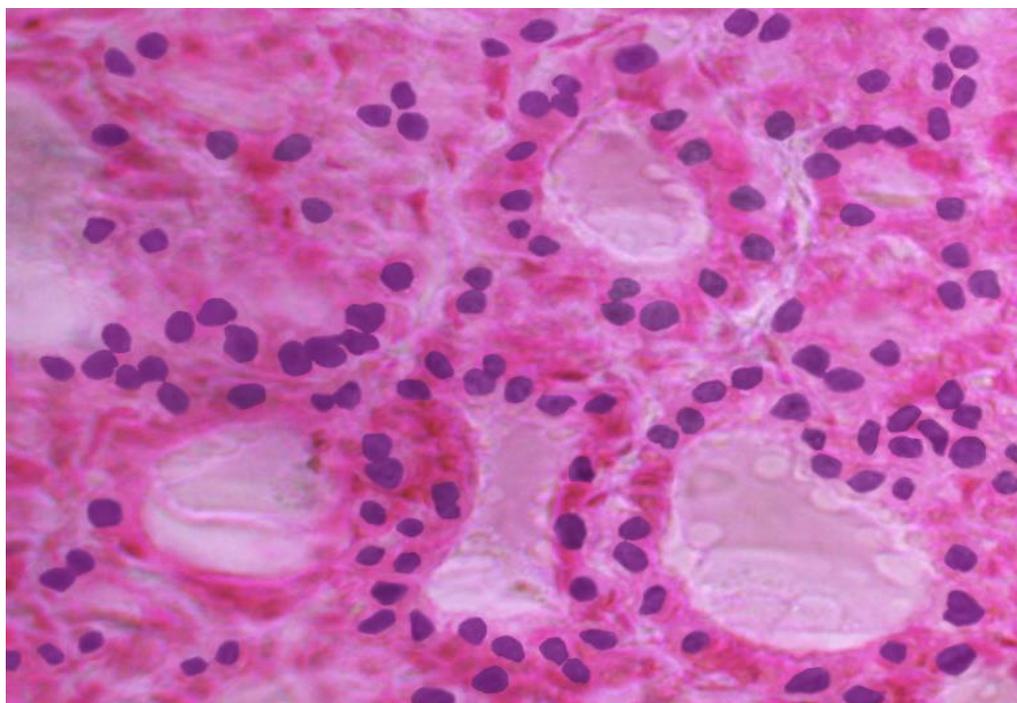


Рисунок 10 – Фолликулы щитовидной железы ондатры обитающей в условиях микрорайона Ново-Ленино. Шабдаш. ШИК-реакция. (40×172)

2.2.7 Структурно-функциональная характеристика надпочечников ондатры, обитающей в условиях антропогенной и природной среды

Надпочечники у ондатры темно-вишневого цвета, располагаются на уровне 1-2 поясничных позвонков тесно соединяясь с краниальной поверхностью левой и правой почки. Для надпочечников ондатры характерна различная форма. Правый надпочечник трапецевидной формы, а левый – бобовидной (рис. 11).

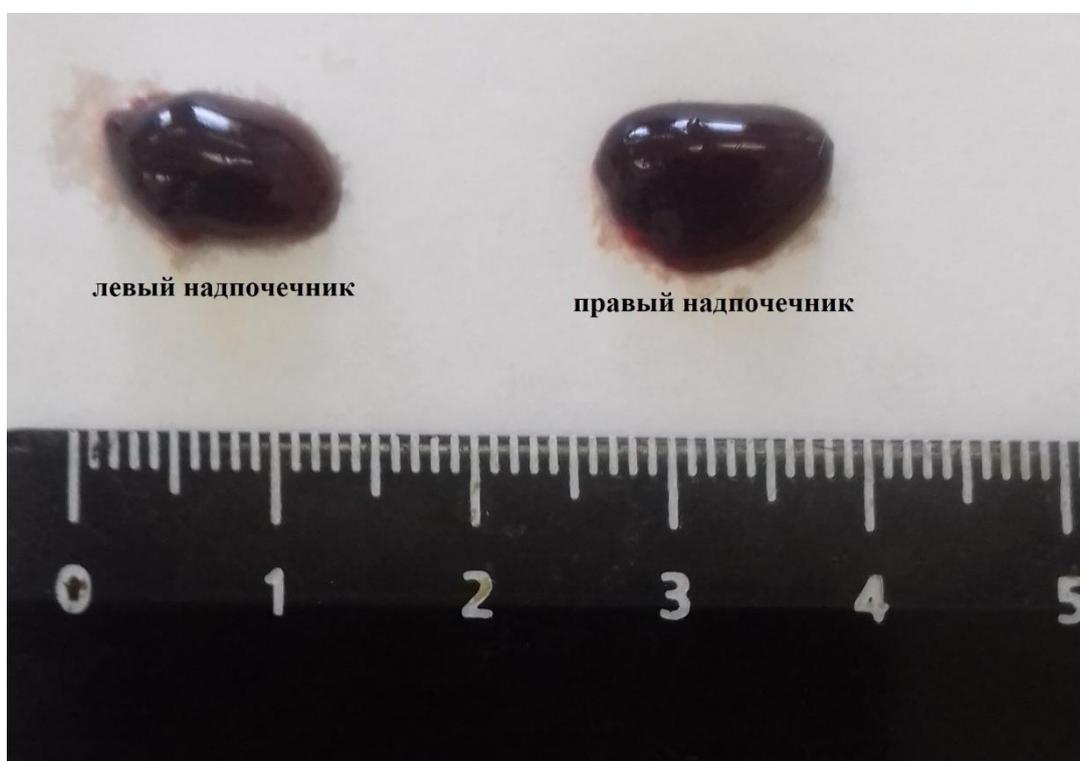


Рисунок 11 – Надпочечники ондатры

Гистологическая структура надпочечника ондатры характерна для большинства видов млекопитающих. Снаружи орган покрыт соединительнотканной капсулой, от которой внутрь паренхимы отходит тонкая сеть коллагеновых волокон, которая поддерживает секреторные клетки. Во внутренней структуре надпочечника хорошо заметна четкая

граница коркового и мозгового вещества. Корковое вещество надпочечника занимает большую часть железы (рис. 12).

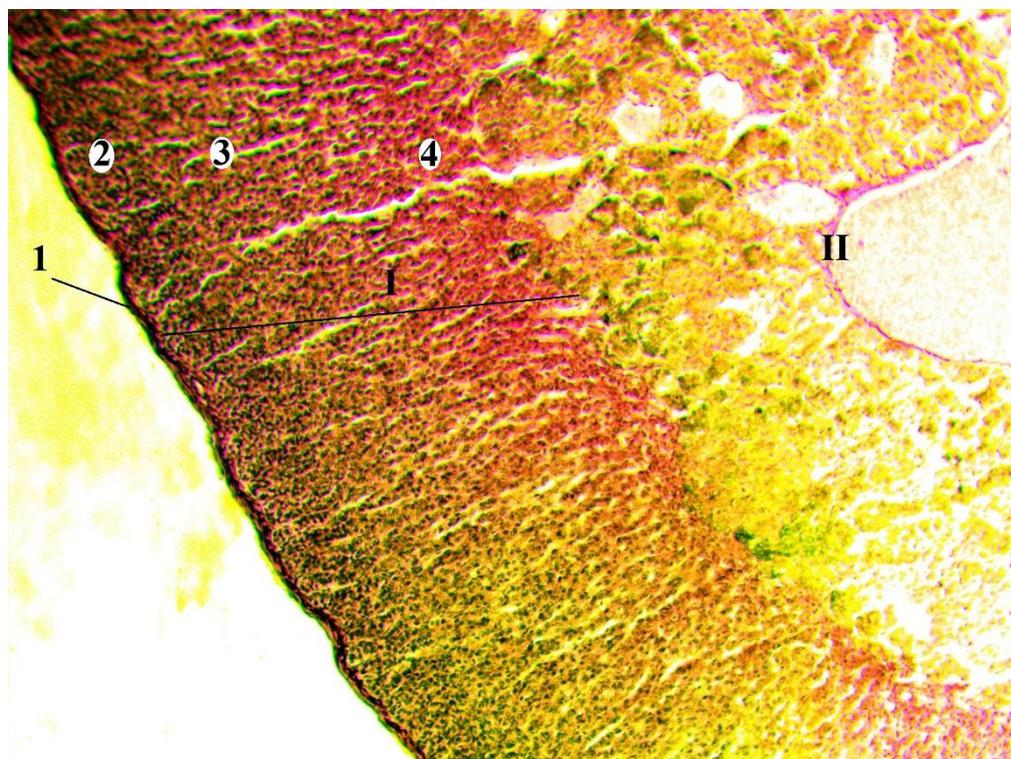


Рисунок 12 – Надпочечник ондатры: 1 – капсула; I – корковое вещество; 2 – клубочковая зона; 3 – пучковая зона; 4 – сетчатая зона; II – мозговое вещество. Формалин. Ван Гизон. (40×10)

В результате оценки морфометрических показателей коры надпочечника ондатры, обитающей в различных районах города Иркутска было показано, что наибольшей толщины пучковой и сетчатой зон коры надпочечника достигают у особей, обитающих в микрорайоне Ново-Ленино (северо-западная окраина города), а наименьшая толщина пучковой и сетчатой зон у особей, обитающих в условиях микрорайона Солнечный (юго-западная окраина города). При этом в процентном выражении по отношению к общей площади коры надпочечника существенных различий не выявлено в исследуемых группах (табл. 8).

Однако обращает на себя внимание существенное по сравнению с остальными районами исследования увеличение толщины пучковой и

сетчатой зон коры надпочечника у особей, обитающих в северо-западной окраине города Иркутска (микрорайон Ново-Ленино).

Таблица 8 – Морфометрические показатели надпочечника ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги

Показатели		Районы сбора экспериментального материала			
		Микрорайон Ново-Ленино (n = 9♂) (n = 6♀)	Центр города (n = 6♂) (n = 5♀)	Микрорайон Солнечный (n = 10♂) (n = 7♀)	Дельта реки Селенги (контроль) (n = 27♂) (n = 33♀)
Толщина клубочковой зоны (мкм)	♂	135,4±5,12***	136,3±5,11***	133,4±4,15***	130,5±4,43
	♀	132,3±3,15***	133,4±4,12***	127,1±3,14***	125,6±4,12
(%)	♂	9,2±0,32***	10,0±0,68***	11,0±0,96***	9,7±0,67
	♀	8,63±0,62***	9,6±0,73***	10,1±1,12***	10,4±1,17
Толщина пучковой зоны (мкм)	♂	752,5±15,63***	686,8±15,75***	628,7±16,25***	617,4±14,34
	♀	810,4±16,75***	705,4±15,38***	657,5±14,37***	643,8±15,67
(%)	♂	51,4±0,62***	50,5±0,72***	51,7±0,62***	50,6±0,68
	♀	53,0±0,72***	51,0±0,65***	51,7±0,92***	50,8±0,76
Толщина сетчатой зоны (мкм)	♂	576,0±17,42***	534,6±16,14***	453,7±16,15***	448,6±17,15
	♀	587,3±15,42***	545,3±14,47***	486,6±12,47***	482,4±14,23
(%)	♂	39,3±0,45***	39,3±0,42***	37,3±0,58***	39,7±0,63
	♀	38,3±0,12***	39,4±0,54***	38,2±1,12***	38,8±0,68

Примечание: ♂- самцы; ♀- самки; процентная доля функциональных зон надпочечника дана по отношению к корковому веществу; различия по сравнению с контролем статистически достоверны: *** - при $p \leq 0,001$; ** - при $p \leq 0,01$; * - при $p \leq 0,05$.

При сопоставлении исследуемых показателей морфофункциональной характеристики клеток функциональных зон коры надпочечника ондатры, обитающей в условиях городской среды было отмечено, что самый высокий показатель по всем исследуемым параметрам был отмечен у особей популяции, обитающей в микрорайоне Ново-Ленино (табл. 9).

Так средний диаметр клеток и объем ядер клеток у них в 1,5 раза выше (таб. 9) по сравнению с популяциями особей, обитающих в центре города и микрорайона Солнечный. В этой же группе наблюдается наибольшее в

процентном отношении количество гландулоцитов, ядра которых содержат эухроматин, несколько выше и показатель ядерно-цитоплазматического соотношения (ЯЦС), что свидетельствует о высокой функциональной активности клеток (табл. 9).

Таблица 9 – Морфофункциональная активность клеток коры надпочечника ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги

Показатели			Районы сбора экспериментального материала			
			Микрорайон Ново-Ленино (n = 9♂) (n = 6♀)	Центр города (n = 6♂) (n = 5♀)	Микрорайон Солнечный (n = 10♂) (n = 7♀)	Дельта реки Селенги (контроль) (n = 27♂) (n = 33♀)
Клубочковая зона	Средний диаметр клеток (мкм)	♂	15,2±0,15***	12,4±0,12***	10,4±0,15***	10,2±1,34
		♀	16,3±0,15***	12,8±0,12***	9,5±0,05***	9,6±1,23
	Объем ядер клеток (мкм ³)	♂	212,5±4,67**	133,8±5,63**	126,7±6,28**	128,6±4,73
		♀	215,6±5,73**	138,4±5,68**	135,5±4,26**	133,4±4,56
	Ядерно- цитоплазматическое соотношение (ед.)	♂	14,0±0,15**	11,6±0,15**	10,7±0,15**	10,3±0,12
		♀	16,3±0,15**	12,3±0,12**	10,6±0,17**	10,4±0,15
Активность ядер клеток (Р %)	♂	87,5±3,57***	78,0±3,26***	65,5±3,40***	64,2±3,35	
	♀	88,5±4,27***	78,6±3,12***	66,5±3,28***	67,5±3,28	
Сетчатая зона	Средний диаметр клеток (мкм)	♂	12,2±0,14***	10,7±0,15***	9,2±0,15***	8,7±0,15
		♀	14,2±0,12***	12,8±0,17***	9,4±0,12***	9,4±0,12
	Объем ядер клеток (мкм ³)	♂	198,6±7,22***	138,6±4,78***	130,5±4,25**	128,7±5,32
		♀	200,7±6,82***	143,5±5,42***	135,5±4,35**	133,6±4,76
	Ядерно- цитоплазматическое соотношение (ед.)	♂	12,0±0,17**	12,8±0,15**	9,7±0,12**	9,3±0,12
		♀	14,6±0,12**	14,3±0,12**	10,2±0,17**	9,8±0,15
Активность ядер клеток (Р %)	♂	83,7±3,52***	75,0±3,06***	63,5±3,40***	65,4±3,27	
	♀	86,5±3,27***	78,0±2,93***	68,5±3,28***	68,3±3,32	
Пучковая зона	Средний диаметр клеток (мкм)	♂	15,4±0,12***	10,3±0,11***	8,4±0,05***	8,2±1,94
		♀	16,3±0,15***	12,4±0,12***	9,1±0,14***	8,6±1,98
	Объем ядер клеток (мкм ³)	♂	202,5±5,63***	135,8±5,75***	132,7±6,25**	128,6±4,92
		♀	210,4±6,75***	140,4±5,38***	137,5±4,37**	135,4±4,66
	Ядерно- цитоплазматическое соотношение (ед.)	♂	15,0±0,12***	12,6±0,14***	11,7±0,15***	11,3±0,12
		♀	17,3±0,12***	13,3±0,17***	11,6±0,17***	11,4±0,15
Активность ядер клеток (Р %)	♂	83,7±3,52***	75,0±3,06***	63,5±3,40***	62,2±3,43	
	♀	86,5±3,27***	78,0±2,93***	68,5±3,28***	70,0±3,24	

Примечание: ♂ - самцы; ♀ - самки; различия по сравнению с контролем статистически достоверны: *** - при $p \leq 0,001$; ** - при $p \leq 0,01$; * - при $p \leq 0,05$.

Наименьшие показатели морфофункциональной активности клеток пучковой зоны коры надпочечника были отмечены у ондатры, обитающей в юго-восточной части города (микрорайон Солнечный) и в естественных природных условиях экосистемы озера Байкал (район дельты реки Селенги).

При оценке полученных результатов в связи с половым статусом исследуемых особей было установлено, что морфофункциональная активность клеток функциональных зон коры надпочечника выше у самок ондатры во всех исследуемых районах города Иркутска и дельты реки Селенги.

Результат проведения реакции на выявление функциональной активности ядер по методу Яцковкого с использованием альцианового синего-сафранина и резорцина показал преобладание в пучковых и сетчатых зонах коры надпочечников ондатры, обитающей в условиях микрорайонов Ново-Ленино и центра города ядер кортикоцитов, содержащих эухроматин по сравнению с микрорайоном Солнечный и дельты реки Селенги (рис. 13, 14).

При проведении гистохимического исследования установлено, что ШИК-положительные вещества в структуре надпочечной железы ондатры, обитающей в условиях микрорайона Ново-Ленино и центра города, выявляются в стромальных элементах, соединительнотканной капсуле и незначительное количество в железистых клетках надпочечника. Более интенсивно окрашивается в красно-лиловый цвет капсула органа и оболочка кровеносных сосудов. Умеренная окраска отмечена в клетках сетчатой и пучковой зон, менее интенсивнее в клубочковой зоне. Реакция контроля с α -амилазой не снижает степень интенсивности окраски соединительнотканых компонентов коркового вещества. Полученный результат дает право предположить об отсутствии в них запасов гликогена. При проведении PAPS-реакции на наличие нейтральных гликопротеинов её интенсивность выявила их наибольшее количество в наружной капсуле, немного меньшее количество

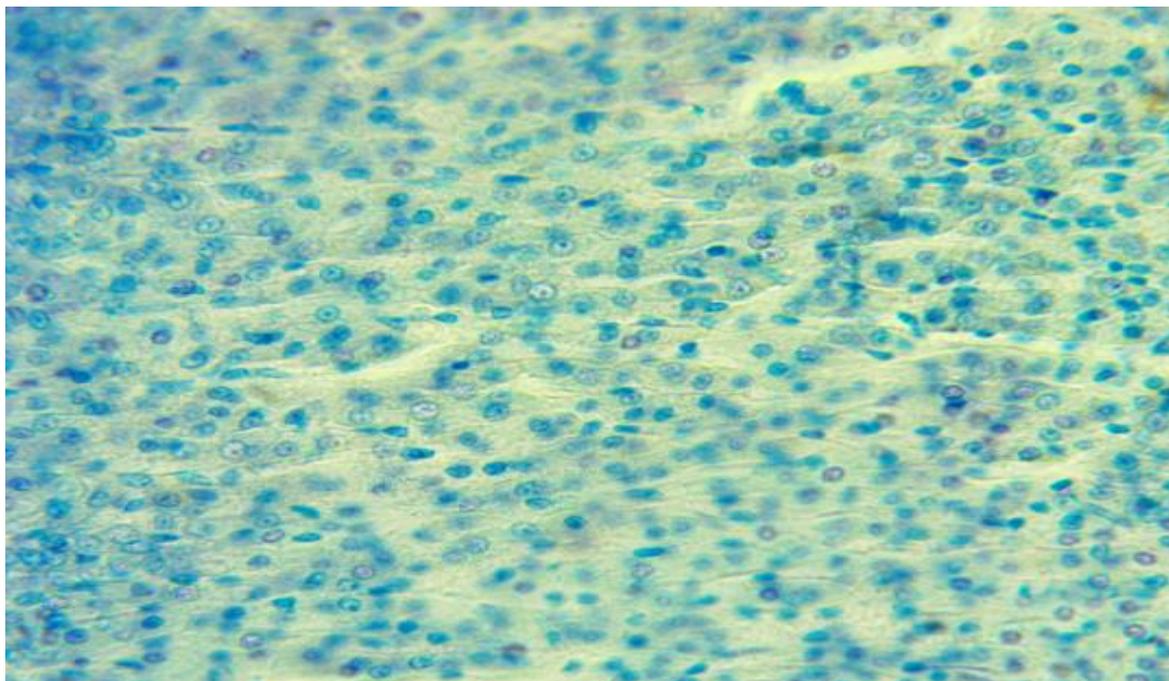


Рисунок 13 – Клетки пучковой зоны коры надпочечника ондатры, обитающей в районе Ново-Ленино города Иркутска. Окраска по методу Яцковского (40×86)

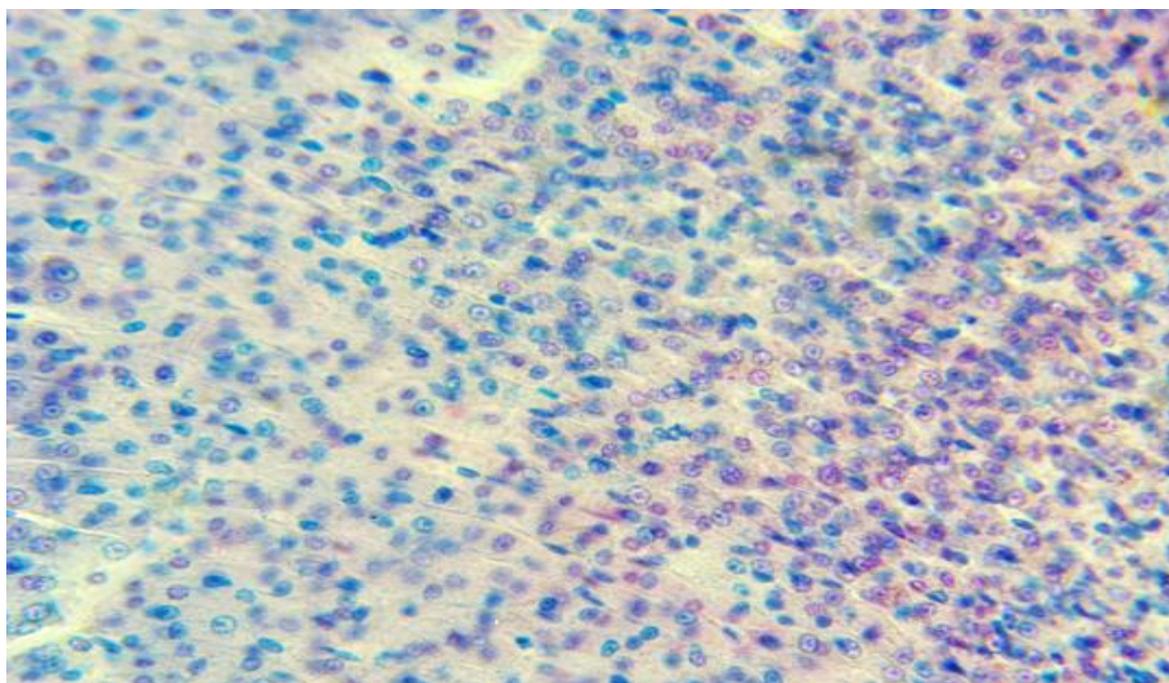


Рисунок 14 – Клетки пучковой зоны коры надпочечника ондатры, обитающей в районе дельты реки Селенги. Окраска по методу Яцковского (40×86)

во внутриорганном стромальном каркасе и стенках кровеносных сосудов. В низкой степени нейтральные гликопротеины проявляют себя в эпителиальных клетках коркового вещества надпочечника.

Гистохимическая картина в корковом веществе надпочечника ондатры из популяций, обитающих в микрорайоне Солнечном города Иркутска и в районе дельты реки Селенги отличается от других изучаемых групп животных. Гликоген в виде равномерной ярко-розовой окраски обнаруживается во всех структурных элементах надпочечника (рис. 15). Содержание этого вещества отмечено в ядрах и цитоплазме кортикоцитов, причем его несколько больше в пучковой и сетчатой зонах и капсуле. Кроме гликогена в виде бледно-розовой окраски в цитоплазме кортикоцитов всех функциональных зон коры надпочечника выявляются нейтральные гликопротеины. В соединительной ткани органа количество гликогена и нейтральных гликопротеинов выше.

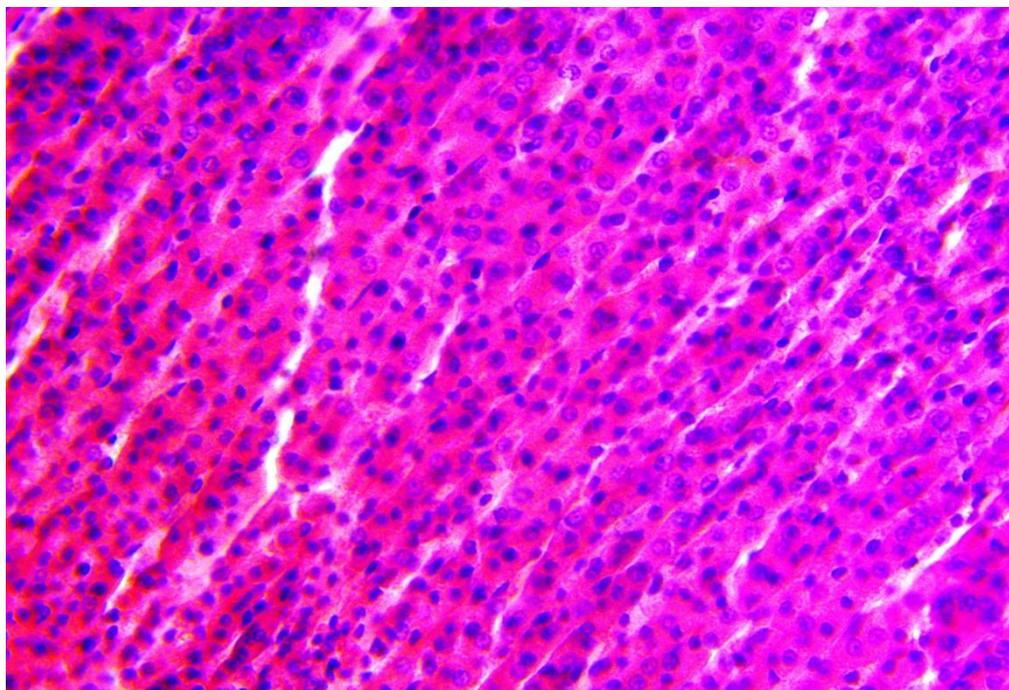


Рисунок 15 – Клетки пучковой зоны коры надпочечника ондатры, обитающей в районе дельты реки Селенги. Шабдаш. ШИК-реакция. (40×86).

При выявлении липидов 70 %-ным спиртовым раствором судана III в корковом веществе надпочечников ондатры липидные вещества выявляются в цитоплазме кортикоцитов. Общая окраска коры – оранжевого цвета. Клубочковая зона практически не окрашивается суданом III, интенсивность окраски в пучковой зоне выше по сравнению с сетчатой зоной. При сравнении интенсивности окраски пучковой и сетчатой зон в различных экспериментальных группах животных удалось установить, что в корковом веществе надпочечников у ондатры обитающей в условиях микрорайона Ново-Ленино и центра города интенсивность окраски выше по сравнению с особями, обитающими в микрорайоне Солнечный и дельты реки Селенги, что возможно связано с интенсификацией выработки глюкокортикоидов (рис. 16, 17).

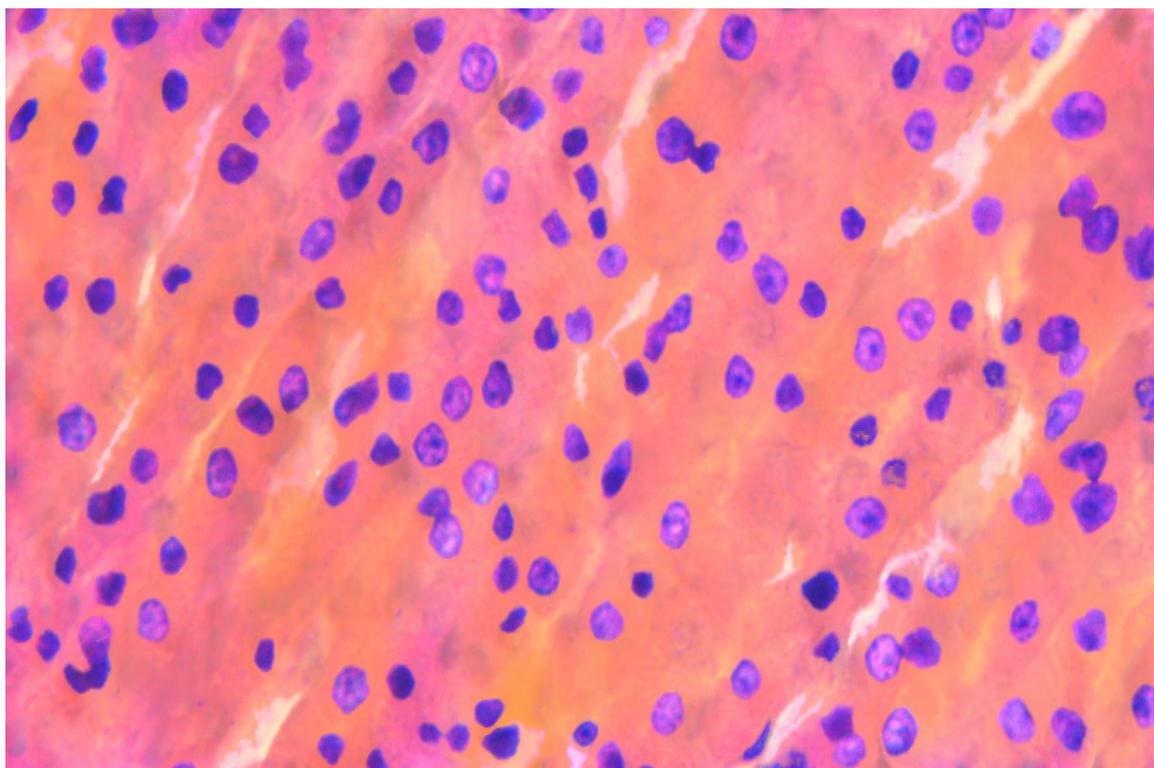


Рисунок 16 – Липиды в пучковой зоне коры надпочечника ондатры, обитающей в микрорайоне Ново-Ленино города Иркутска. Окраска суданом III (40×172).

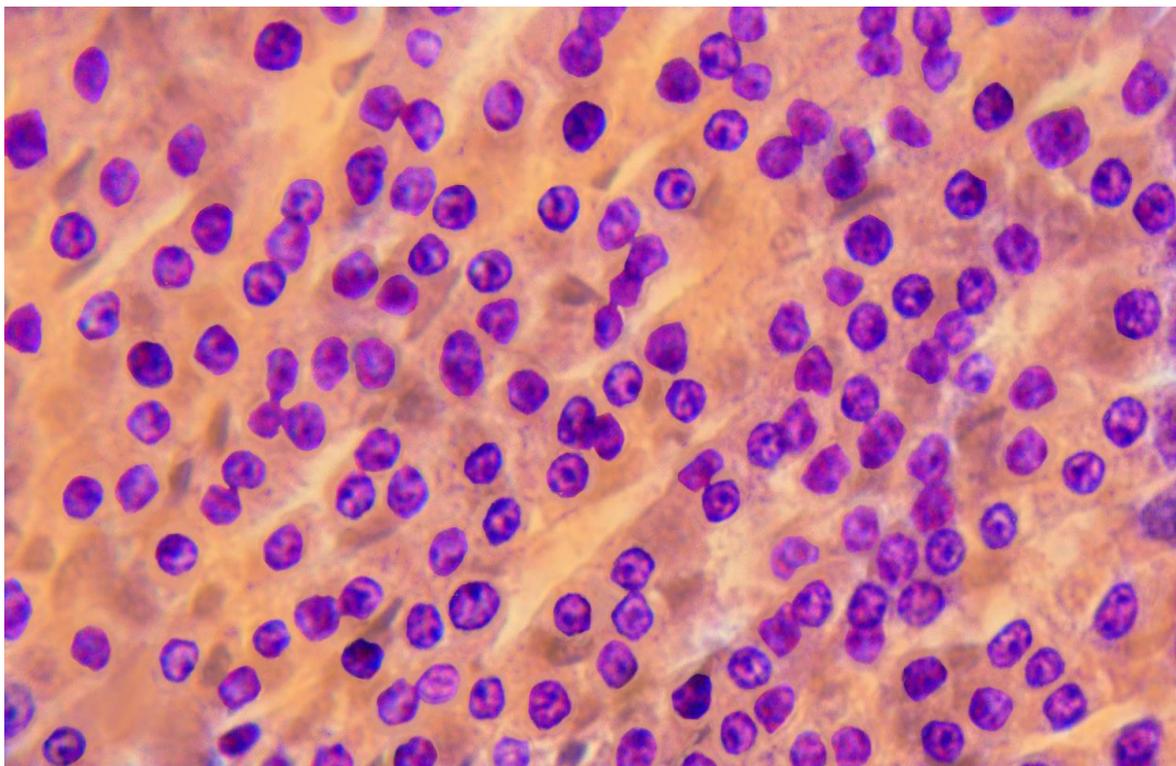


Рисунок 17 – Липиды в пучковой зоне коры надпочечника ондатры, обитающей в районе дельты реки Селенги. Окраска суданом III (40×172).

2.3 АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате проведенных нами научных исследований по адаптации живого организма млекопитающих на примере ондатры (*Ondatra zibethica*) обитающей в условиях городской среды Иркутска в различных районах мегаполиса, где отмечены аномальные геохимические зоны, образованные под воздействием антропогенных факторов и в природных условиях дельты реки Селенги с использованием современных сведений об экологической обстановке исследуемых районов обитания ондатры с проведением исследований морфофизиологической характеристики, морфофункциональной оценки параметров эндокринных органов (щитовидная железа и надпочечники) проведенные с применением классических морфометрических, гистологических и современных гистохимических методов исследования позволили нам осуществить комплексный анализ механизмов адаптогенеза и сделать соответствующие выводы по данной проблеме.

В условиях современных техногенных воздействий на живые организмы биогеохимические факторы приобретают все большее значение для гуманитарной и ветеринарной медицины и биологии в целом [5, 7, 30, 64, 77, 80, 83, 84, 106]. В отличие от техногенных, природные биогеохимические провинции характеризуются более продолжительным периодом существования аномальных территорий и однородностью химических элементов в почве и воде, в то время как техногенные территории весьма разнообразны по химическим загрязнителям [90, 102, 105, 120]. Исходя из этого можно судить, что адаптационные механизмы существования живого организма на территориях биогеохимических провинций могут различаться по генезису.

На исследуемых территориях нами обнаружено избыточное содержание различных вредных химических веществ. Однако нами не отмечено каких-либо специфических токсикозов или эндемических заболеваний. Тем не менее геохимическое разнообразие районов исследования обуславливает некоторые неспецифические изменения в организме ондатры обитающей в условиях естественной и городской среды. В частности, имеются существенные различия в изменении исследуемых морфофизиологических характеристик ондатры и морфофункционального состояния щитовидной железы и коркового вещества надпочечников. Причем различия характерны не только между особями, обитающими в естественных условиях и при антропогенном воздействии, но разница отмечена внутри городской среды Иркутска и зависит от районов города.

Воздействие факторов внешней среды способны вызывать изменения морфофункциональных индикаторов животных [35, 36, 37, 47, 61, 103, 106]. В исследовании у ондатры отмечено увеличение частоты встречаемости низких значений индексов печени и гепатосупраренального коэффициента, что может свидетельствовать об увеличении напряженности энергетического обмена животных, обитающих в условиях антропогенного воздействия. Возможно главной причиной увеличения энергетических затрат у ондатры в городской среде является тканевой дефицит энергии, поскольку известно, что высокие концентрации микроэлементов способны вызывать разобщение дыхательной цепи [21, 29, 33, 58, 60].

Известно, что при неблагоприятных условиях существования происходит снижение индекса печени [80, 88], но по полученным нами результатам в условиях существования ондатры в городе Иркутске и дельты реки Селенги нами не обнаружено статистически значимого снижения значений индекса печени, при этом прослеживается достаточно четкие различия по половым признакам относительных весовых показателей печени и гепатосупраренального коэффициента (у самок печень оказалось крупнее, нежели у самцов), что может свидетельствовать о существенных затратах

энергии при вынашивании плодов и вскармливании молодняка [26, 34, 35, 36, 37].

Статистически отмечено существенное снижение гепатосупраренального коэффициента у самок ондатры может быть связано с более высокими энергетическими затратами и возможно низким энергетическом потенциалом. Аналогичные сведения имеются в отношении малой лесной мыши [34], полевки-экономки [49] и крупного рогатого скота [56].

Общеизвестно, что основополагающую роль в формировании защитно-приспособительных и адаптационных реакций организма принадлежит органам эндокринной регуляции и в первую очередь щитовидной железе и коре надпочечников. В связи с этим морфофункциональные параметры этих органов давно используются в эколого-физиологических исследованиях [16, 39, 48, 51, 55, 106, 107].

В наших исследованиях отмечено увеличение площади пучковой зоны коркового вещества надпочечников, а также ее клеток, повышенная функциональная активность ядер клеток [137] и большее содержание липидов в клетках и ткани пучковой зоны, что возможно связано с интенсивной выработкой глюкокортикоидов, которые принимают широкое участие в адаптационных реакциях, тем самым обеспечивая повышение неспецифической резистентности животных при повышенном содержании химических агентов техногенного происхождения в окружающей среде, что выражается в стимуляции глюкокортикоидной функции коры надпочечников ондатры. В естественной среде обитания адаптация животных происходит вероятно путем сокращения энергетического резерва вследствие катаболического эффекта глюкокортикоидов. Более высокие функциональные показатели надпочечников у самок ондатры по-видимому связаны с действием эстрогенов на функциональное состояние адреналовой железы, которые в большей степени нежели андрогены имеют влияние [35, 74, 82].

В нормально функционирующем надпочечнике млекопитающих на долю клубочковой зоны приходится 8-10 %, пучковой – 50 %, сетчатой – 30-35 % [79, 80]. Полученные нами данные с незначительными отклонениями соответствуют физиологической норме надпочечной железы у млекопитающих.

Результаты исследований морфофункционального состояния щитовидной железы ондатры обитающей в условиях города Иркутска показали уменьшение среднего диаметра фолликула и индекса Брауна. Наблюдаемые изменения морфофункциональных показателей демонстрируют усиление секреторной активности тиреоидной паренхимы щитовидной железы в неблагоприятных условиях существования. Активизацию функциональной активности щитовидной железы следует рассматривать как адаптационную реакцию организма животных. Как известно тиреоидные гормоны интенсифицируют процессы диссимиляции [74, 82], что является следствием увеличения интенсивности метаболизма.

Одновременное повышение функции щитовидной и надпочечных желез ондатры может быть следствием нарушения внутрисистемных эндокринных взаимодействий [47, 48, 49] или же неспецифических адаптационных реакций [16, 22, 36, 108]. Щитовидная железа ондатры в наших исследованиях близка по функции развития реакции активации в ответ на внешнее воздействие средней силы [79]. Возможно одновременное повышение функциональной активности щитовидной железы и коры надпочечников у ондатры, обитающей в условиях городской среды является неспецифической адаптационной реакцией организма.

Согласно данным многомерного дисперсионного анализа было установлено, что морфофункциональное состояние эндокринных органов и морфофизиологические характеристики ондатры имеют зависимость не только от условий существования, но и от половой принадлежности и репродуктивного статуса, что согласуется со многими исследователями [35, 36, 49, 55, 76, 78, 79, 84, 88, 92].

Функциональная активность щитовидной железы и коры надпочечников находится в прямой зависимости от пола и репродуктивного статуса животных. Проводя сравнительный анализ в отношении действия различных факторов на физиологическое состояние эндокринных органов ондатры было отмечено, что геохимические условия существования оказывают влияние только на функциональную активность пучковой зоны, а действия полового фактора и репродуктивного статуса животных влияют на изменения во всех функциональных зонах коры надпочечников. В тоже время действие каждого из исследуемых факторов влияет на изменение морфофункциональных параметров щитовидной железы.

Анализ эффектов взаимодействия факторов показал, что геохимические условия, созданные антропогенным влиянием способны усиливать эффекты действия других факторов. Данное обстоятельство является подтверждением вывода о сокращении энергетического резерва животных на техногенной территории в качестве компенсации за адаптацию.

Адаптационная реакция организма и интенсивность метаболизма имеют тесную взаимосвязь [26, 34, 35, 36, 37, 38, 47, 48, 61, 78, 79, 80]. Полученные нами сведения морфофизиологических особенностей ондатры, обитающей в условиях городской среды Иркутска и дельты реки Селенги, морфофункциональные перестройки, происходящие в щитовидной железе и коре надпочечников исследуемых животных на фоне эффектов взаимодействия исследуемых факторов, свидетельствуют о том, что на территории подвергшихся антропогенному воздействию у ондатры происходит интенсификация метаболизма и сокращение энергетического резерва организма.

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения эколого-гистологических исследований по оценке антропогенного влияния на функциональную активность и морфологические изменения эндокринных органов ондатры в различных районах города Иркутска было доказано, что морфофункциональные изменения, происходящие в этих органах, относятся к неспецифической реакции организма животных. На основании комплекса проведенных нами исследований можно сделать соответствующие выводы о механизмах адаптогенеза к воздействию антропогенных факторов городской среды Иркутска на живой организм млекопитающих, где в качестве биологического индикатора была использована ондатра (*Ondatra zibethica*).

3.1 ВЫВОДЫ

1. Оцениваем экологическую обстановку города Иркутска в период исследования как неудовлетворительную. Основными веществами-загрязнителями города являются бензапирен, диоксид азота и формальдегид. Основными загрязняющими агентами вод бассейна реки Селенги являются: природные органические и взвешенные органические вещества, нефтепродукты, тяжёлые металлы хлорорганические соединения и полихлорированные бифенилы, причем содержание их в районе дельты реки Селенги уменьшается, на основании чего этот район исследования можно отнести к «условно чистой территории». Воды главной артерии Иркутска – Ангары и реки Селенги согласно индекса загрязнения вод относятся к III классу – умеренно загрязненные воды. Исследуемые районы по содержанию йода в почве и воде относятся к природным геохимическим аномалиям.

2. Результаты исследования и анализа морфофизиологических характеристик ондатры обитающих в исследуемых районах обнаружили эффект синергизма воздействия факторов «геохимический фактор» – «пол» – «репродуктивный статус» на морфофункциональное состояние эндокринных желез ондатры.
3. В районах повышенного антропогенного воздействия: микрорайон Ново-Ленино, центр города Иркутска в щитовидной железе ондатры отмечено уменьшение среднего диаметра фолликула и индекса Брауна, отсутствие запасов гликогена и низкое содержание нейтральных гликопротеинов, что свидетельствует о гиперфункции секреторной деятельности тиреоидной паренхимы способствующей формированию долговременной адаптации к экстремальным условиям городской среды и увеличение энергетических затрат организма животных.
4. В районах повышенного антропогенного воздействия: микрорайон Ново-Ленино, центр города Иркутска у ондатры происходит увеличение площади сетчатой и пучковой зон коркового вещества надпочечников, функциональной активности клеток и ядер кортикоцитов, а также отсутствие запасов гликогена и низкое содержание нейтральных гликопротеинов, увеличение содержания липидов, что свидетельствует об интенсификации выработки глюкокортикоидов для повышения неспецифической резистентности организма в ответ на экстремальные условия существования и увеличение энергетических затрат организма животных.
5. Морфофункциональные изменения коркового вещества надпочечника и щитовидной железы у ондатры из популяций районов с повышенным антропогенным воздействием: микрорайон Ново-Ленино, центр города Иркутска следует отнести к неспецифической адаптационной реакции организма, которая не сопровождается патологическими изменениями в эндокринных органах.

3.2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В современных условиях зобной эндемии на территории Восточной Сибири и в частности города Иркутска необходимо уточнение данных по этиологии и патогенезу данной аномалии на морфофункциональном уровне.

В связи с этим результаты наших исследований помогут расширить использование скринговых мероприятий для их своевременного выявления, внести корректировки в программы ликвидации йоддефицитных заболеваний в районах антропогенного загрязнения территории, наряду с йодной профилактикой и лечением населения города Иркутска.

Результаты наших исследований могут быть также использованы в учебных процессах при чтении лекций и проведении практических занятий на биологических, охотоведческих и ветеринарных направлениях высших учебных заведений, при написании соответствующих разделов учебников и справочных руководств по закономерностям адаптациогенеза организма млекопитающих под влиянием природно-климатических и антропогенных факторов в качестве нормативных критериев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдулхаликов А.С. Йоддефицит как фактор развития хирургической патологии щитовидной железы в республике Дагестан / А.С. Абдулхаликов, И.Г. Ахмедов, К.С. Патахова и др. // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. – 2013. – № 2(7). – С. 53-56.
2. Алабовский В.В. Реакция эндокринной системы (надпочечники и щитовидного железа) на воздействие переменных магнитных полей низкой частоты / В.В. Алабовский, М.Ю. Готовский, А.А. Винокуров и др. // Традиционная медицина. – 2012. – № 3(30). – С. 4-12.
3. Алтаева А.А. Экспериментальная оценка цитогенетического и цитотоксического действия акриламида на клетки щитовидной железы: автореф. дис. ...канд. мед. наук / А.А. Алтаева. – Москва, 2011. – 27 с.
4. Алябьев Ф.В. Морфометрические показатели надпочечников крыс в динамике общей гипотермии / Ф.В. Алябьев, А.М. Парфирьева, С.В. Логвинов // Морфология. – 2007. – Т. 132. – № 6. – С. 52-56.
5. Аманбаева Б.К. К вопросу воздействия экопроизводственных факторов на функциональное состояние щитовидной железы / Б.К. Аманбаева // Гигиена труда и медицинская экология. – 2009 – № 3(24). – С. 13-21.
6. Андросова Д.С. Патоморфологический и иммуногистохимический анализ аутоиммунных процессов в щитовидной железе у жителей экологически неблагоприятного региона – Восточного Казахстана: автореф. дис. ...канд. мед. наук / Д.С. Андросова. – Новосибирск, 2006. – 22 с.
7. Андрюков Б.Г. Эколого-гигиеническая оценка распространения заболеваний щитовидной железы среди населения Приморского края / Б.Г. Андрюков, П.Ф. Кику, Т.В. Горбунова // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2009. – № 1 (36). – С. 8-12.

8. Асылбекова Г.Е. Сравнительная оценка химического состава животных тканей на территории Павлодарской области / Г.Е. Асылбекова, Б.Х. Шаймарданова // Евразийский союз ученых. – 2015. – № 12-1 (21). – С. 11-13.
9. Аухатова С.Н. Морфологические изменения щитовидной железы как показатель её функционального состояния при йодной недостаточности поросят / С.Н. Аухатова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – № 4 (4). – С. 141-143.
- 10.Афони́на Т.Е. Оценка эколого-геохимического состояния р. Селенги и селенгинского мелководья / Т.Е. Афони́на // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 8(67). – С. 37-42.
- 11.Афони́на Т.Е. Оценка речного стока органических веществ в озеро Байкал / Т.Е. Афони́на // Вестник ИрГТУ. – 2012. – № 9(68). – С. 54-57.
- 12.Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия / Н.С. Ахметов. – М.: Высшая школа, 2001. – 544 с.
- 13.Бадалова М.С. Изменение объемных и структурных показателей щитовидной железы у работников Астраханского газового комплекса / М.С. Бадалова, А.В. Бучина, С.Г. Морозова и др. // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII. – № 2. – С. 63.
- 14.Базелюк Л.Т. Функциональные изменения состояния клеток эндокринной системы крыс при действии угольно-породной пыли и физической нагрузки / Л.Т. Базелюк // Гигиена и санитария. – 2005. – № 4. – С. 28-31.
- 15.Балакирев Н.А. Звероводство / Н.А. Балакирев, Г.А. Кузнецов. – М.: Колос, 2006. – 480 с.
- 16.Балтухаев Т.С. Морфофункциональные особенности щитовидной железы ондатры Южного Прибайкалья в зависимости от возраста и половой активности: автореф. дис. ...канд. биол. наук / Т.С. Балтухаев – Благовещенск, 2011. – 19 с.

- 17.Беляев Н.Г. Определение характера реакции надпочечников самцов крыс на предельно допустимую концентрацию аммиака в воздухе рабочей зоны / Н.Г. Беляев, С.А. Чагарова, Г.Н. Беляева и др. // В сб.: Мат. Международ. научно-практич. конф. «Биосфера и человек». – 2019. – С. 321-322.
- 18.Бибарева М. Ондатра / М. Бибарева // Приусадебное хозяйство. – 2005. – Вып.6. – С. 24.
- 19.Бойчук Е.Б. Распространение увеличения щитовидной железы и уровень экскреции йода с мочой у детей г. Кемерово / Е.Б. Бойчук, Л.М. Казакова, Ю.Н. Ровда и др. // Педиатрия. – 2000. – № 4. – С. 51.
- 20.Браверман Л. Болезни щитовидной железы. – М.: Медицина, 2000. – 359 с.
- 21.Буркутбаева М.М. Влияние химических токсикантов (эндокринных дизрапторов) на обмен гормонов щитовидной железы / М.М. Буркутбаева // Международный студенческий научный вестник. – 2014. – № 4. – С. 42.
- 22.Быстрых В.В. Оценка дополнительного канцерогенного риска в связи с антропогенным загрязнением атмосферного воздуха селитебных территорий / В.В. Быстрых, В.М. Боев, Е.Л. Борщук // Гигиена и санитария. – 1999. – № 1. – С. 8-10.
- 23.Водопьянов Б.Г. Определение возраста и пола охотничьих зверей: уч. пособие по биотехнии / Б.Г. Водопьянов, В.О. Саловаров. – Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2001. – С. 37-40.
- 24.Волкова О.В. Основы гистологии с гистологической техникой / О.В. Волкова, Ю.К. Елецкий. – М.: Медицина, 1982. – 304 с.
- 25.Водохранилища и их воздействие на окружающую среду. – М.: Наука, 1986. – 360 с.
- 26.Гелашвили Д.Б. Опыт проведения биомониторинга в Государственном природном заповеднике «Керженский» / Д.Б. Гелашвили, А.Б. Савинов,

- А.В. Слепов и др. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2001. – № 1. – С. 64-72.
27. Гидрологический режим бассейна р. Селенги и методы его расчёта. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 244 с.
28. Гиенко А.Я. Проблемы оперативного мониторинга природной среды в зоне воздействия каскада гидротехнических сооружений на Ангаре / А.Я. Гиенко // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2010. – Том 1. – Вып. 3. – С. 54-57.
29. Глушкова Е.А. Морфометрические показатели надпочечников самок беспородных белых крыс под действием ацетата свинца в среднетоксичной дозе / Е.А. Глушкова // Молодой ученый. – 2015. – № 16(96). – С. 61-63.
30. Голубицкая М.Ю. Экотоксикологический мониторинг мелких млекопитающих в зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия в Щучанском районе / М.Ю. Голубицкая // В сб.: Экология. Риск. Безопасность. Мат. Международ. научно-практич. конф. памяти проф., зав. каф. Экология и безопасность жизнедеятельности А.П. Кузьмина. – Курган, 2010. – С. 130.
31. Горбатилов А.С. Морфометрия щитовидной железы у телят из районов Брянской области с разным уровнем радиоактивного загрязнения / А.С. Горбатилов // Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения её качества: Мат. XXVII научно-практич. конф. студентов и аспирантов, посвящ. 30-летию Брянской ГСХА. – Брянск, 2011. – С. 6-9.
32. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Иркутской области в 2019 году. - Иркутск, 2001. – 387 с.
33. Гринцова Н.Б. Морфологические перестройки коры надпочечников крыс в условиях длительного воздействия солей тяжелых металлов и

- негормональной коррекции / Н.Б. Гринцова, А.М. Романюк, В.И. Бумейстер // Морфология. – 2019. – Т. 13. – № 3. – С. 26-31.
34. Гудова М.С. Популяционная изменчивость малой лесной мыши (*Mammalia rodentia*) в трех вариантах поясности центрального и западного Кавказа / М.С. Гудова, З.А. Берсекова, М.М. Емкужева и др. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2017. – Т. 19. – № 5. – С. 48-55.
35. Давыдова Ю.А. Микроструктура семенников рыжей полевки в условиях хронического химического загрязнения среды: дис. ... канд. биол. наук / Ю.А. Давыдова. – Екатеринбург, 2007. – 165 с.
36. Дёмина Л.Л. Оценка эколого-морфологических параметров мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия / Л.Л. Дёмина, Д.А. Боков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 12(79). – С. 21-26.
37. Дёмина Л.Л. Морфофункциональные изменения в организме мелких млекопитающих в условиях техногенного воздействия (на примере Оренбургского газоперерабатывающего завода) / Л.Л. Дёмина, Д.А. Боков // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2007. – № 2(48). – С. 30-35.
38. Денисова О.А. Проблема патологии щитовидной железы с позиций геоэкологии и геохимии / О.А. Денисова, Н.В. Барановская, Н.В. Рихванов и др. // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 8. – С. 60-63.
39. Дмитриева Н.И. Морфо-функциональные показатели щитовидной железы у крыс / Н.И. Дмитриева // Проблемы эндокринологии. – 1990. – № 1. – С. 50-54.
40. Досыбаева Г.Н. Оценка влияния пестицидов, поступивших в организм человека и их метаболизм / Г.Н. Досыбаева // Гигиена труда и промышленная экология. – 2008. – № 2. – С. 10-18.

41. Дробушевич М.А. Особенности структуры заболеваний щитовидной железы у работников шинного производства / М.А. Дробушевич // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2007. – № 3(19). – С. 91-93.
42. Дубынин В.А. Характеристика параметров щитовидной железы в эндемических районах / В.А. Дубынин, В.М. Лебедева // Гигиена, санитария. – 1996. – № 3. – С. 79-80.
43. Дускаев Г.К. Влияние тяжелых металлов на организм животных и окружающую среду обитания (обзор) / Г.К. Дускаев, С.А. Мирошников, Е.А. Сизова и др. // Вестник мясного скотоводства. – 2014. – № 3. – С. 7-11.
44. Ежегодник: Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности Иркутского УГСМС в 2017 г. / ФГБУ «Иркутский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями», Иркутский центр по мониторингу загрязнения окружающей среды. – Иркутск, 2017.
45. Ежегодник: Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности Иркутского УГСМС в 2018 г. / ФГБУ «Иркутский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями», Иркутский центр по мониторингу загрязнения окружающей среды. – Иркутск, 2018.
46. Ежегодник: Состояние загрязнения атмосферного воздуха городов на территории деятельности Иркутского УГСМС в 2019 г. / ФГБУ «Иркутский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями», Иркутский центр по мониторингу загрязнения окружающей среды. – Иркутск, 2019.
47. Ермакова О.В. Анализ периферических эндокринных желез мелких млекопитающих из районов с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения и подвергнутых хроническому облучению в лабораторных

- экспериментах / О.В. Ермакова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2010. – Т. 50. – № 4. – С. 391-397.
48. Ермакова О.В. Состояние щитовидной железы полевок-экономок с радиоактивных территорий после дополнительных воздействий / О.В. Ермакова, О.В. Раскоша // Известия Самарского научного центра РАН. – 2012. – Т. 14. – № 1(8). – С. 1891-1893.
49. Ермакова О.В. Популяционная характеристика полевки-экономки в радиоэкологических исследованиях / О.В. Ермакова, О.В. Раскоша // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 2. – С. 101-107.
50. Затолокина Е.Н. Оценка йодной недостаточности и патологии щитовидной железы у школьников Тисульского района Кемеровской области / Е.Н. Затолокина, Л.В. Квиткова, В.Г. Зинчук // Сибирский медицинский журнал. – 2009. – № 8. – С. 109-111.
51. Ильина Е.С. Гистофункциональное состояние щитовидной железы как индикатор загрязнения окружающей среды / Е.С. Ильина, И.А. Уварова, Т.П. Романова // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2014. – Т. 4. – № 11. – С. 1281.
52. Ильичева Е.А. Русловая сеть дельты р. Селенги на современном этапе / Е.А. Ильичева, Л.М. Корытный, М.В. Павлов // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 380. – С. 190-194.
53. Ильичева Е.А. Внутрдельтовое распределение стока реки Селенги / Е.А. Ильичева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2017. – Вып. 4. – С. 64-73.
54. Ильичева Е.А. Комплексная оценка эрозионно-аккумулятивной деятельности русловой сети дельты Селенги / Е.А. Ильичева, М.В. Павлов, А.П. Розачев // Природа Внутренней Азии. – 2019. – № 2(11). – С. 95-107.
55. Имашев А.В. Морфология щитовидной железы и надпочечников крыс при экспериментальной патологии и коррекции: автореф. дис. ...канд. биол. наук / А.В. Имашев – Уфа, 2005. – 20 с.

56. Калашников В.В. Сравнительная оценка цито-морфологических изменений лимфоцитов у крупного рогатого скота и грызунов-биоиндикаторов на территориях, загрязненных ^{137}Cs в условиях Рязанской области / В.В. Калашников, А.А. Коровушкин, С.А. Нефедова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 4. – С. 82-89.
57. Каргина М.В. Морфометрические показатели функционального состояния надпочечников белых крыс и их изменение в условиях кадмиевой интоксикации при естественном и измененном фоторежиме: автореф. дис. ...канд. биол. наук / М.В. Каргина – Астрахань, 2013. – 23 с.
58. Карнаухова Г.А. Загрязнение основных компонентов природной среды водохранилищ Ангарского каскада ГЭС. / Г.А. Карнаухов, В.В. Дрюккер, П.В. Коваль // Мат. первого научно-методич. семинара «Состояние реки Ангары и пути управления использованием водных ресурсов и их качеством». – М: Московский общественный научный фонд, 1999. – С. 94-100.
59. Касимов Н.С. Бассейновый анализ потоков веществ в системе Селенга-Байкал / Н.С. Касимов, М.Ю. Лычагин, С.Р. Чалов и др. // Вестник Московского университета. – 2016. – № 3. – С. 67-81.
60. Катаев Г.Д. Воздействие выбросов медно-никелевого предприятия на состояние популяций и сообществ мелких млекопитающих Кольского полуострова / Г.Д. Катаев // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2017. – Т. 2. – №52. – С. 19-27.
61. Каширина Н.К. Морфогенез щитовидной железы в стандартных условиях окружающей среды и при кумуляции соединений свинца в организме нескольких поколений / Н.К. Каширина, В.А. Королев, К.Ю. Цыганков // Свет медицины и биологии. – 2009. – № 3. – С. 85-89.
62. Кику П.Ф. Распространение йододефицитных заболеваний в Приморском регионе в зависимости от геохимической ситуации / П.Ф. Кику, Б.Г. Андрюков // Гигиена и санитария. – 2014. – № 5. – С. 97-104.

63. Козырева Е.А. Трансформация геологической среды в зоне влияния водохранилищ Ангарского каскада ГЭС / Е.А. Козырева, В.А. Бабичесва, О.А. Мазаева // Известия Иркутского государственного университета. – 2018. – Том 25. – С. 66-87.
64. Копнина Е.И. Оценка объемных параметров щитовидной железы у работников предприятий по переработке углеводородного сырья / Е.И. Копнина, Н.А. Лопаткова // Современные наукоёмкие технологии. – 2009. – № 4. – С. 79-80.
65. Корсакова И.Б. Приемы определения возраста ондатры по эталонам зубов / И.Б. Корсакова // Сб. науч. тр. Киров. СХИ. – Киров, 1970. – Т. 22. – Вып. 52. – С. 79-87.
66. Котельникова С.В. Сезонные особенности функционального состояния надпочечников белых крыс разного пола в норме и при воздействии солью кадмия / С.В. Котельникова, А.В. Котельников // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2008. – № 3(44). – С. 178-181.
67. Котельникова С.В. Особенности морфофункционального состояния надпочечников белых крыс в условиях интоксикации солью кадмия в зимний и летний периоды / С.В. Котельникова, А.В. Котельников, М.В. Каргина // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2009. – № 1(48). – С. 94-96.
68. Кувенева О.Н. Строение щитовидной железы крыс под действием разных видов излучений / О.Н. Кувенева // Украинский морфологический альманах. – 2011. – Том. 9. – № 3. – С. 151-152.
69. Лебедева Е.Н. Изменение адипокиновой регуляции под влиянием химических факторов окружающей среды / Е.Н. Лебедева, С.И. Красиков // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2012. – № 2(39). – С. 118-119.
70. Леонова Г.А. Биогеохимическая индикация загрязнения тяжелыми металлами некоторых водохранилищ Сибири (Иркутское, Братское,

- Новосибирское). / Г.А. Леонова, Г.Н. Аношин, А.Л. Кузнецова, и др. // Геохимия ландшафтов. Палеоэкология человека и этногенез: Тез. докладов междунаро. симпозиума. – Улан-Удэ, 1999. – С. 336-338.
71. Логачева В.В. Некоторые закономерности в реакциях щитовидной железы на γ -облучение / В.В. Логачева // Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – Т. 23. – № 3. – С. 159-163.
72. Лозовская Е.А. Экологическая обстановка в городе Иркутске / Е.А. Лозовская // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК. Мат. междунаро. научно-практич. конф. молодых ученых, посвященной 70 летию Победы в Великой Отечественной Войне и 100-летию со Дня рождения А.А. Ежевского. – Иркутск: Иркутский ГАУ. – 2015. – С. 285-291.
73. Маленченко А.Ф. Биологическое действие природного урана на щитовидную железу / А.Ф. Маленченко, О.В. Ермакова, О.В. Раскоша // Астраханский медицинский журнал. – 2012. – Т. 7. – № 4. – С. 174-176.
74. Манюк Е.С. Коррекция морфофункциональных изменений щитовидной железы при гипо- и гипертериозе (экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук / Е.С. Манюк – Иркутск, 2008. – 144 с.
75. Медведева Э.А. Особенности хозяйственного освоения Среднего Приангарья: Среднее Приангарье (географическое исследование хозяйственного освоения таежной территории / Э.А. Медведева. – Иркутск, 1975. – 157 с.
76. Медведев Н.В. Экотоксикологический анализ природных популяций птиц и млекопитающих Карелии в условиях нарастающего техногенного загрязнения: автореф. дис. ...д-ра. биол. наук / Н.В. Медведев – Петрозаводск, 2004. – 48 с.
77. Медведев Н.В. Ладожская кольчатая нерпа как показатель изменения техногенного загрязнения Ладожского озера / Н.В. Медведев, А.К. Морозов, Т. Сипия // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2010. – № 2(107). – С. 43-46.

78. Мешкова О.А. Эколого-морфологическая характеристика размножения мелких млекопитающих из популяций, испытывающих влияние предприятия чёрной металлургии в степной зоне Южного Урала: дис. ...канд. биол. наук / О.А. Мешкова. – Оренбург, 2011. – 140 с.
79. Михеева Е.В. Морфофункциональные особенности надпочечника и щитовидной железы рыжей полевки на территории природной биогеохимической провинции: дис. ... канд. биол. наук / Е.В. Михеева. – Екатеринбург, 2005. – 134 с.
80. Михеева Е.В. Адаптация европейской рыжей полевки (*Clethrionomys glareolus schreber*) к условиям природной биогеохимической провинции с избыточным содержанием Ni, Co, Cr / Е.В. Михеева, О.А. Жигальский, В.П. Мими́на и др. // Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67. – № 3. – С. 212-221.
81. Мукашева М.А. Морфофункциональные исследования ткани печени животных при воздействии комплекса тяжёлых металлов / М.А. Мукашева, А.С. Аталикова, А.М. Айткулов и др. // В кн. Фундаментальные и прикладные аспекты современных эколого-биологических и медико-токсикологических исследований. – Ришон Ле-Цион, 2016. – С. 32-58.
82. Муратова Н.М. Современный гигиенический анализ йоддефицитных заболеваний у населения Сибири: автореф. дис. ...д-ра. мед. наук / Н.М. Муратова – Иркутск, 2002. – 35 с.
83. Нарожных К.Н. Особенности аккумуляции и изменчивости некоторых химических элементов в волосе герефордского скота в условиях Западной Сибири / К.Н. Нарожных, А.В. Купцов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 1806.
84. Нефедова С.А. Эколого-физиологические механизмы адаптации животных к антропогенным воздействиям (на примере Рязанской области): автореф. дис. ...д-ра. биол. наук / С.А. Нефедова – Петрозаводск, 2011. – 48 с.

85. Никанова А.В. Влияние сульфата никеля на гипофизарно-тиреоидную систему рабочих гидрометаллургического производства никеля и на гипоталамо-тиреоидную систему белых крыс: дис. ...канд. биол. наук / А.В. Никанова – Кировск, 1999. – 167 с.
86. Новиков Г.А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных / Г.А. Новиков – М.: Советская наука, 1949. – 602 с.
87. Олейник Ю.Н. Динамика корреляционных связей в щитовидной железе крапчатого суслика в постнатальный период / Ю.Н. Олейник // Териофауна России и сопредельных территорий: (VII съезд Териол. общ-ва). Мат. Международ. совещ. – Москва, 2003. – С. 242.
88. Орешков Д.Н. Комплекс мелких млекопитающих как показатель нарушенности лесных экосистем Средней Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Д.Н. Орешков – Красноярск, 2005. – 16 с.
89. Павлов А.В. Морфометрический анализ фолликулярной структуры щитовидной железы при хроническом γ -облучении в малых дозах / А.В. Павлов, О.В. Ермакова, Т.В. Кораблева и др. // Оригинальные исследования. – 2013. – Т. 143. – № 2. – С. 43-46.
90. Пальчикова Н.А. Функциональное состояние щитовидной железы при действии на организм экологических факторов разной природы: автореф. дис. ...д-ра. биол. наук / Н.А. Пальчикова – Новосибирск, 2004. – 31 с.
91. Попова В.А. Заболевания щитовидной железы у детей, проживающих в экологически неблагоприятных районах: дис. ...д-ра. мед. наук / В.А. Попова. – Ростов-на-Дону, 2003. – 299 с.
92. Промоторова Е.Ю. Структура населения и морфофизиологические особенности красной полевки юга Тюменской области / Е.Ю. Промоторова // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2019. – № 5. – С. 16-20.
93. Рассадина Е.В. Биодиагностика и индикация почв / Е.В. Рассадина, Е.Г. Климентова. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 168 с.

94. Раскоша О.В. Структурно-функциональное состояние щитовидной железы мышевидных грызунов после отдельного и комбинированного действия факторов радиационной и химической природы: автореф. дис. ...канд. биол. наук / О.В. Раскоша – Москва, 2004. – 22 с.
95. Раскоша О.В. Морфологическое состояние щитовидной железы полевок-экономок, обитающих в условиях повышенного уровня естественной радиоактивности / О.В. Раскоша, О.В. Ермакова // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – 2. – С. 55-61.
96. Рогозина О.В. Морфология аденогипофиза и коры надпочечников при свинцовой интоксикации и её коррекции / О.В. Рогозина, Н.Ю. Озерова, Н.К. Каширина // Свет медицины и биологии. – 2009. – № 3. – С. 136-140.
97. Рожнов В.В. Неинвазивный подход к оценке активности системы гипоталамус-гипофиз-надпочечник амурских тигров / В.В. Рожнов, В.С. Лукаревский, Х.А. Эрнандес-Бланко // Доклады академии наук. – 2010. – Т. 430. – № 6. – С. 847-849.
98. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. – Москва: Гидрометеиздат, 1991.
99. Руш Е.А. Проблемы ртутного загрязнения бассейна реки Ангары в зоне действия градообразующих отраслевых комплексов и возможные направления его предотвращения / Е.А. Руш, Я.В. Хицкий // Экология промышленного производства. – 2003. – №3. – С. 45-55.
100. Сабанова Р.К. Лесная мышь как биоиндикатор антропогенных зон / Р.К. Сабанова, Л.Х. Балкизова // Аграрная наука. – 2009. – № 5. – С. 29-30.
101. Сабанова Р.К. Факторы, влияющие на синтез йодсодержащих соединений в щитовидной железе / Р.К. Сабанова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 9. – С. 78.

102. Сабанова Р.К. Влияние техногенных воздействий на эндо- и экзогенные параметры мелких млекопитающих (на примере малой лесной мыши) / Р.К. Сабанова, Э.З. Иругова, С.Р. Абитова // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 11-4(31). – С. 12-16.
103. Сазонов Н.Н. Охотничьи животные – биоиндикаторы биогеохимических провинций Якутии / Н.Н. Сазонов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2012. – Т. 9. – № 1. – С. 41-45.
104. Семенов А.А. Влияние малых доз ионизирующего облучения на структуру хирургической патологии щитовидной железы в регионе легкого йодадефицита: автореф. дис. ...канд. мед. наук / А.А. Семенов. – СПб, 2011. – 20 с.
105. Сергазинова З.М. Воздействие выбросов алюминиевого производства в Северном Казахстане на видовую структуру и характер накопления фтора у мелких млекопитающих / З.М. Сергазинова, Т.А. Дупал, Ю.Н. Литвинов и др. // Принципы экологии. – 2018. – № 3(28). – С. 60-74.
106. Силкин И.И. Использование ондатры в качестве нового тест-объекта для оценки экологической обстановки районов Прибайкалья / И.И. Силкин // В сб.: Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов. Мат. междунард. научно-практич. конф., посвящ. 60-летию факультета охотоведения им. В.Н. Скалона. – 2010. – С. 525-529.
107. Силкин И.И. Возрастные и сезонные структурно-функциональные перестройки некоторых половых, эндокринных и мускусных препуциальных желез самцов ондатры: автореф. дис. ...д-ра. биол. наук / И.И. Силкин – Благовещенск, 2013. – 54 с.
108. Силкин И.И. Возрастные и сезонные структурно-функциональные перестройки некоторых половых, эндокринных и мускусных

- препуциальных желез самцов ондатры: дис. ...д-ра. биол. наук / И.И. Силкин – Иркутск, 2013. – 300 с.
109. Силкин И.И. Модификация метода ферментативного контроля при проведении качественной реакции (ШИК-реакции) на выявление гликогена в клетках и тканях человека и животных / И.И. Силкин // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2017. – № 25. – С. 57-61.
110. Сиюй О. Морфофункциональная реакция коры надпочечников на воздействие низкочастотного магнитного поля / О. Сиюй, З.В. Воронцова, Ю.Ф. Перов // Медицинская физика. – 2005. – № 4(28). – С. 47-49.
111. Слынько Т.Н. Морфофункциональные изменения в щитовидной железе после месячного пребывания в высокогорье Кыргызстана / Т.Н. Слынько // Евразийский союз ученых. – 2016. – № 3-2(24). – С. 69-71.
112. Смелова И.В. Изучение морфофункциональных изменений фолликулов щитовидной железы крыс в норме и при гипотиреозе после воздействия среднеинтенсивного лазерного излучения / И.В. Смелова, Е.С. Головнева // Вестник РГМУ. – 2018. – № 3. – С. 67-73.
113. Способ оценки экологической обстановки в зоне экосистемы озера Байкал / И.И. Силкин, А.П. Попов // Патент на изобретение RU 2430367 С1, 27.09.2011. Заявка № 2010124322/15 от 15.06.2010.
114. Степанов Д.С. Морфо-функциональное состояние щитовидной железы после однократного перорального введения смешанного оксида урана в эксперименте / Д.С. Степанов, З.А. Воронцова // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17. – № 2. – С 122-124.
115. Тимофеев Л.А. Мониторинг факторов риска возникновения злокачественных новообразований щитовидной железы в Чувашской республике / Л.А. Тимофеев // Общественное здоровье и здравоохранение. – № 3. – С. 50-53.
116. Топурия Г.М. Изучение функционального состояния щитовидной железы продуктивных животных в условиях антропогенного

- загрязнения внешней среды / Г.М. Топурия, К.А. Вожжова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2006. – № 1 (9). – С. 82-84.
117. Тютиков С.Ф. Парнокопытные животные как естественные биоиндикаторы при геохимическом мониторинге окружающей среды: автореф. дис. ...д-ра. биол. наук / С.Ф. Тютиков – Владимир, 2016. – 39 с.
118. Удочкина Л.А. Структурные преобразования щитовидной железы на этапах онтогенеза в норме и при воздействии на организм серосодержащего газа: дис. ...д-ра. мед. наук / Л.А. Удочкина – Волгоград, 2006. – 277 с.
119. Ульзетуева И.Д. Состояние поверхностных вод бассейна реки Селенги / И.Д. Ульзетуева, Б.О. Гомбоев // Природа Внутренней Азии. – 2016. – № 1. – С. 61-68.
120. Фархутдинова Л. Роль микроэлементов в развитии и патологии щитовидной железы / Л. Фархутдинова // Врач. – 2006. – № 3. – С. 43-44.
121. Федотов Д.Н. Морфологическое состояние эндокринных желез и содержание радионуклидов в организме енотовидной собаки в условиях территории белорусского сектора зоны отчуждения / Д.Н. Федотов, М.П. Кучинский, И.С. Юрченко // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2018. – Т. 54. – № 2. С. 72-76.
122. Федотов Д.Н. Морфология и гистохимия надпочечников выдры речной в условиях белорусского поозерья и сектора зоны отчуждения / Д.Н. Федотов, М.П. Кучинский // Экология и животный мир. – 2018. – № 1. – С. 21-26.
123. Филатов Б.Н. Функциональное состояние коры надпочечников у больных с отдаленными последствиями острых отравлений заринном и зоманом / Б.Н. Филатов, Т.А. Чарова // Вестник ВолгГМУ. – 2011. – Вып. 3(39). – С. 46-49.

124. Чарова Т.А. Нейроэндокринные механизмы формирования патологии у лиц, перенесших острые отравления фосфорорганическими веществами: автореф. дис. ...д-ра. мед. наук / Т.А. Чарова – Волгоград, 2012. – 46 с.
125. Чебунина Н.С. Сравнительная оценка аккумуляции стойких органических загрязнителей в экосистемах дельты реки Селенги и озера Гусино: автореф. дис. ...канд. географ. наук / Н.С. Чебунина. – Улан-Удэ, 2011. – 25 с.
126. Царева О.А. Морфофункциональная характеристика щитовидной железы при гипопункции в эксперименте: автореф. дис. ...канд. биол. наук / О.А. Царева – Рязань, 2000. – 22 с.
127. Цомартова Д.А. Морфологические изменения сетчатой зоны коркового вещества надпочечников и секреторной деятельности её кортикостероцитов в пубертатном периоде у крыс, развивавшихся при воздействии эндокринного дисраптора дихлорфенилтрихлорэтана / Д.А. Цомартова, Н.В. Яглова, В.В. Яглов и др. // Морфологические ведомости. – 2018. – Т. 26. – № 2. – С. 22-25.
128. Шабадаш А.Л. Рациональная методика гистохимического обнаружения гликогена и ее теоретическое обоснование / А.Л. Шабадаш // Изв. АН СССР. Сер. биол. – 1947. – № 66. – С. 745-760.
129. Шадрина Е.Г. Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера: эффективность использования ценотического, популяционного и онтогенетического подходов / Е.Г. Шадрина, Я.Л. Вольперт // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования. Мат. V Всероссийской научно-практич. конф. – Нижний Тагил, 2017. – С. 346-356.
130. Шадрина Е.Г. Опыт применения показателей флуктуирующей асимметрии растений и животных для оценки качества среды в наземных экосистемах: результаты 20-летних исследований природных

- и антропогенно трансформированных территорий / Е.Г. Шадрина, Я.Л. Вольперт // Онтогенез. – 2018. – Т. 49. – № 1. – С. 27-40.
131. Шерстюк С.А. Патоморфологические и гистохимические изменения во внутренних органах крыс при хроническом воздействии производных фенола в подостром опыте / С.А. Шерстюк, С.А. Наконечная, И.В. Сорокина // Морфология. – 2016. – Т. 10. – № 1. – С. 87-91.
132. Шин Н.С. Гигиеническая оценка совместного действия дефицита йода и фтористого загрязнения на состояние щитовидной железы у детей / Н.С. Шин, М.Ф. Савченков, О.М. Журба и др. // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2013. – № 2 (9). – Ч. 2. – С. 134-138.
133. Яглова Н.В. Эндокринные дизрапторы – новое направление исследований в эндокринологии / Н.В. Яглова, В.В. Яглов // Вестник РАМН. – 2012. – № 3. – С. 56-61.
134. Яглова Н.В. Изменение транскрипционной регуляции постнатального морфогенеза пучковой зоны коркового вещества надпочечников эндокринным дизраптором дихлордифенилтрихлорэтаном / Н.В. Яглова, С.С. Обернихин, С.В. Назимова и др. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2019. – Т. 168. – № 12. – С. 761-766.
135. Яглов В.В. Морфологические и функциональные изменения щитовидной железы крыс при длительном воздействии низких доз эндокринного дизраптора дихлордифенилтрихлорэтана / В.В. Яглов, Н.В. Яглова // Современные технологии в медицине. – 2014. – Т. 6. – № 4. – С. 55-61.
136. Якимов О.А. Особенности микроструктуры щитовидной железы и надпочечников у пушных зверей семейства псовых в онтогенезе и эксперименте: дис. ...канд. ветер. наук / О.А. Якимов. – Казань, 2000. – 143 с.

137. Яцковский А.Н. Метод оценки функциональной активности клеточных ядер / А.Н. Яцковский // *Арх. анат.* – 1987. – Т. 92. – Вып. 1. – С. 76-79.
138. Abou-El-Ardat K. Response to lowdose X-irradiation is dependent in a papillary thyroid carcinoma model system / K. Abou-El-Ardat, H. Dirradji, W. de Vos // *International Journal of Oncology.* – 2011. – Vol. 39. – № 6. – P. 1429-1441.
139. Abou-El-Ardat K. Low dose irradiation of thyroid cells reveals a unique transcriptomic and epigenetic signature in RET/PTS – positive cells / K. Abou-El-Ardat, P. Monsieurs, N. Anastasov // *Mutat. Res.* – 2012. – Vol. 73. – № 1-2. – P. 27-40.
140. Aneck-Hahn N.H. Impaired semen quality associated with environmental DDT exposure in young men living in a malaria area in the Limpopo Province, South Africa. / N. H. Aneck-Hahn, G.W. Schulenburg, M.S. Bornman et al. // *J. Androl.* – 2007. – N. 28. – P. 423-434.
141. Aygun S.F. Determination of benzo[a]pyrene in charcoal grilled meat samples by HPLC with fluorescence detection / S.F. Aygun, F. Kabadayi // *International Journal of Food Science and Nutrition.* – 2005. – Vol. 56(8). – P. 581-587.
142. Boas M. Thyroid effects of endocrine disrupting chemical / M. Boas, U. Feldt-Rasmussen, M. Main // *Molecular and Cellular Endocrinology.* – 2012. – N. 355. – P. 240-248.
143. Brainard G.C. The relationship between electromagnetic field and light exposures to melatonin and breast cancer risk: a review of the relevant literature / G.C. Brainard, R. Kavet, L.I. Kheifets // *J. Pineal Res.* – 1999. – Vol. 26. – N. 2. – P. 65-100.
144. Brucker-Davis F. Effects of environmental synthetic chemical on thyroid function / F. Brucker-Davis // *Thyroid.* – 1998. – N. 8. – P. 56-61.
145. Dabour K. Cellular alterations in midgut cells of honey bee workers (*Apis mellifera* L.) exposed to sublethal concentrations of CdO or PbO

- nanoparticles or their binary mixture / K. Dabour et al. // *Science of the Total Environment*. – 2019. – Vol. 651(Pt. 1). – P. 1356-1367.
146. Denef J.-F. Morphological changes in mice thyroid induced by iodine deficiency / J.-F. Denef, S. Haumont, C. Beckers // *Virchows Arch. B. Cell. Path.* – 2008. – N. 32. – P. 191-199.
147. Diamanti-Kandarakis E. Endocrine-disrupting chemicals: an Endocrine Society scientific statement / E. Diamanti-Kandarakis, J.-P. Bourguignon, L.C. Giudice et al. // *Endoc. Rev.* – 2009. – N. 30(4). – P. 293-342.
148. Faggiano A. Age-dependent variation of follicular size and expression of iodine transporters in human thyroid tissue / A. Faggiano, J. Coulot, N. Bellon et al. // *J. Nucl. Med.* – 2004 – Vol. 45. – N 2 – P. 232-237.
149. Farrace S. Reduced sympathetic outflow and adrenal secretory activity during a 40-day stay in the Antarctic. / S. Farrace, M. Ferrara, C. De Angelis et al. // *Int. J. Psychophysiol.* – 2003. - Vol. 49. – N. 1. – P. 17-27.
150. Frank S.M. Threshold for adrenomedullary activation and increased cardiac work during mild core hypothermia / S.M. Frank, C.G. Cattaneo, M.B. Wieneke-Brady et al. // *Clin. Sci. (Lond)*. – 2002. – Vol. 102. – N. 1. – P. 119-125.
151. Gore A. The Endocrine Society's Second Scientific Statement on Endocrine Disrupting Chemicals. / A. Gore, V. Chapell, S. Fenton et al. // *Endoc. Rev.* – 2015. – Vol. 36(6). – P. 1233-1242.
152. Harinath K. Autonomic nervous system and adrenal response to cold in man at Antarctica / K. Harinath, A.S. Malhotra, K. Pal // *Wilderness Environ. Med.* – 2005. – Vol. 16. – N. 2. – P. 81-91.
153. Hazlewood C.F. Trigger points and systemic effect for EMF therapy / C.F. Hazlewood, M. Markov // *Environmentalist*. – 2009. – Vol. 29. – N. 2. – P. 232-239.
154. Karasek M. Electromagnetic fields and human endocrine system / M. Karasek, M. Woldanska-Okonska // *Scientific World J.* – 2004. – Vol. 4. – Suppl. 2. – P. 23-28.

155. Kashiwagi K. Disruption of Thyroid Hormone function by Environmental Pollutants / K. Kashiwagi, N. Furuno, S. Kitamura // *Journal of Health Science*. – 2009. – N. 55(2). – P. 147-160.
156. Kazeroluni N. Analisis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study / N. Kazeroluni, R. Sinha, C.H. Hsu et al...// *Food and Chemical Toxicology*. – 2002. – Vol. 40(1). – P. 133-137.
157. Koval P.V. Correlation of natural and technogenic mercury sources in the Baikal polygon, Russia. / P.V. Koval, O.V. Kabnychkov, V.F. Gelety et al. // *J. Geochem. Expl.* – 1999 – Vol. 66. – P. 277-289.
158. Krohn K. Molecular pathogenesis of euthyroid and toxic multinodular goiter / K. Krohn, D. Fuhrer, Y. Bayer et al. // *J. Endocr. Rev.* – 2005 – Vol. 26. – N 4. – P. 504-524.
159. Lacroix M. The organochlorine DDT disrupts the adrenal steroidogenic signaling pathway in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / M. Lacroix, A. Hontela // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* – 2003. – N. 190(3). – P. 197-205.
160. Langer P. The impact organochlorines and other persistent on thyroid and metabolic health. / P. Langer // *Front Neuroendocrine*. – 2010. – N. 31
161. Lee B.M. Dietary exposure estimation of benzo[a]pyrene and cancer risk assessment / B.M. Lee, G.A. Shim // *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. – 2007. – Vol. 70(15-16). – P. 1391-1397.
162. Lindhe O. Cytochrome P450-atalyzed binding of 3-methylsulfonyl-DDE and o,p-DDD in human adrenal zona fasciculata/reticularis / O. Lindhe, B. Scogseid, I. Brandt // *J. Clin. Endocrinol Metab.* – 2002. – N. 87(3). – P. 1319–1326.
163. Liu X. Increased susceptibility to transcriptional changes with novel stressor in adrenal medulla of rats exposed to prolonged cold stress. / X. Liu, R. Kvetnansky, L. Serova et al. // *Brain Res. Mol. Brain Res.* – 2005. – Vol. 18. – N. 141(1). – P. 19-29.

164. Mane M.C. In vitro study of acute toxic effects of high iodide doses in human thyroid follicles / M.C. Mane, C. Mestdagh // *Journal of Endocrinology*. – 1992. – Vol. 131. – P. 621-625.
165. Marino A.A. Concident nonlinear changers in the endocrine and immune systems due to low-frequency magnetic fields / A.A. Marino, R.M. Wolcott, R. Chervenak and all // *Neuroimmunomodulation*. – 2001. – Vol. 9. – N. 2. – P. 65-77.
166. Meeker J. Serum PCBs, DDT and HCB predict thyroid hormone levels in men / J. Meeker, L. Altshul, R. Hauser // *Environ Res*. – 2007. – N. 104(2). – P. 296-304.
167. Minder C.E. Leukemia, brain tumors, and exposure to extremely low frequency electromagnetic fields in Swiss railway employees / C.E. Minder, D.H. Pfluger // *Am. J. Epidemiol.* – 2001. – Vol. 153. – N.9. – P. 825-835.
168. Mostafa R.M. Effects of exposure to extremely low-frequency magnetic field of 2 G intensity on memory and corticosterone level in rats / R.M. Mostafa, Y.M. Mostafa, A. Ennaceur // *Physiol. And Behav.* – 2002. – Vol. 76. – N. 4-5. – P. 589-595.
169. Nagayama Y. Exacerbation of autoimmune thyroiditis by a single low dose of whole body irradiation in non-obese diabetic mice / Y. Nagayama, K. Kaminoda, Y. Mizutori et al. // *J. Nucl. Med.* – 2008 – Vol. 84. – N 9. – P. 761-769.
170. Orton F. Widely used pesticides with previously unknown endocrine activity revealed as in vitro antiandrogens / F. Orton, E. Rosivatz, V. Scholze et al. // *Environ Health Perspect.* – 2011. – N. 119(6). – P. 794-800.
171. Ozen S. Effects of Environmental Endocrine Disruptors on Pubertal Development / S. Ozen, S. Darcan // *J. Clin. Res. Ped. Endo.* – 2011. – N. 3(1). – P. 1-6.
172. Ouyang F. Serum DDT, age at menarche, and abnormal menstrual cycle length / F. Ouyang, M.J. Perry, S.A. Venners // *Occup. Environ Med.* – 2005. – N. 62. – P. 878-884.

173. Patrick L. Thyroid Disruption: Mechanism and Clinical Implications in Human Health / L. Patrick // *Alternative Medicine Rev.* – 2009. – Vol. 14. – N. 4. – P. 326-346.
174. Poljsak B. Achieving the Balance between ROS and Antioxidants: When to Use the Synthetic Antioxidants / B. Poljsak, D. Šuput, I. Milisav // *Oxid. Med. Cell. Longev.* – 2013. – N. 45. – P. 56-60.
175. Popova N.K. A knockout attenuates adrenocortical response to various kinds of stress / N.K. Popova, L.N. Maslova, E.A. Morosova et al. // *Psychoneuroendocrinology.* – 2006. – Vol. 31. – N. 2. – P. 179–186.
176. Pryntsova N.B. Morphofunctional remodeling of the adrenal cortex of pubescent rats under conditions of long-term exposure to heavy metal salts / N.B. Pryntsova, A.M. Romaniuk, V.I. Boumister // *Bulletin of Vinnitsa National University.* – 2019. – N. 23(1). – P. 54-58.
177. Rush E.A. An estimate of mercuric poisoning danger in Irkutsk Industrial area of Eastern Siberia / B.A. Rush, J.V. Khutskiy // *IV- Int. Conf. on Environment and Mineral Processing.* – Ostrava, Czech Republic, 2001. – P. 255-262.
178. Scollon E. The effects of flight. Fasting and DDT on thyroid hormones and corticosterone in Gamble's white-crowned sparrow, *Zonotrichia leucophrys gabelli* / E. Scollon, J. Carr, C. Cobb et al. // *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* – 2004. – N. 137(2). – P. 179-189.
179. Schell L.M. Relationship of thyroid hormone levels to levels of polychlorinated biphenyls, lead DDT and others toxicants in Akwesasne Mohawk youth / L.M. Schell, M.V. Gallo, M. Denham et al. // *Environ Health Perspect.* – 2008. – N. 116(6). – P. 806-813.
180. Selmaoui B. Endocrine functions in young men exposed for one night to a 50-Hz magnetic field. A circadian study of pituitary, thyroid and adrenocortical hormones / B. Selmaoui, J. Lambroso, Y. Touitou // *Life Sci.* – 1997. – Vol. 61. – N. 5. – P. 473-486.

181. Sharma B. Biomedical implications of heavy metals induced imbalances in redox systems / B. Sharma, S. Singh, N.J. Siddiqi // *Biomed. Res. Int.* – 2014. – N. 23. – P. 23-27.
182. Spicer S.S. The use of various cations reagent in histochemical differentiation of mucopolysaccharids / S.S. Spicer // *Amer. J. Clin. Path.* – 1961. – V. 36. – N 5. – P. 393-407.
183. Stevens R.G. The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer / R.G. Stevens, S. Davis // *Environ Health Perspect.* – 1996. – Vol. 104. – Suppl. 1. – P. 135-140.
184. Suzuki K. Low dose Radiation Exposute and Carcinogenesis / K. Suzuki // *Japan J. Clin. Oncol.* – 2012 – Vol. 42. – N 7. – P. 563-568.
185. Tallini G. Molecular pathology of thyroid neoplasm / G. Tallini // *J. Endocrin. Pathol.* – 2002 – Vol. 13. – N 4. – P. 271-288.
186. Valberg P.A. Can low level 50/60 Hz electric and magnetic fields cause biological effects? / P.A. Valberg, R.A. Kavert, C.N. Rafferty // *Radiat. Res.* – 2000. – Vol. 148. – N.1. – P. 2-21.
187. Vandenberg L.N. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and nonmonotonic dose responses / L.N. Vandenberg, T. Colborn, T.B. Hayes et al. // *Endoc. Rev.* – 2012. – N. 33(3). – P. 378-455.
188. Woldanska-Okonska M. Skutki biologiczne oddziaływania pol (elektro) magnetycznych niskiej czestotliwosci wywierane poprzez ich wplyw na wydzielanie hormonow / M. Woldanska-Okonska, J. Czernicki // *Prz/ Lek.* – 2003. – T. 60. – N. 10. – S. 657-662.
189. Woldanska-Okonska M. Wpływ impulsowych pól magnetycznych stosowanych w magnetoterapii magnetostymulacji na wydzielanie kortyzolu u ludzi / M. Woldanska-Okonska, J. Czernicki // *Med. Pr.* – 2003. – T. 54. – N. 1. – S. 29-32.
190. Yuksel S. Contribution of adrenomedullin to homeostatic response to cold stress in rat model / S. Yuksel, A. Akbay, M. Yurekli // *Pathophysiology.* – 2002. – Vol. 8. N. 2. – P. 243-247.

191. Yamazaki H. Human blood concentrations of dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) extrapolated from metabolism in rats and humans and physiologically based pharmacokinetic modeling / H. Yamazaki, R. Takano, M. Shimizu et al. // J. of Health Science. – 2010. – N. 56(5). – P. 566-575.
192. Zare S. Effects of whole-body magnetic field on changes of glucose and cortisol hormone in guinea pigs / S. Zare, H. Hayatgeibi, S. Alivandi // Am. J. Biochem. and Biotech. – 2005. – Vol. 1. – N. 4. – P. 217-219.
193. Zoeller T.R. Environmental chemical targeting thyroid / T.R. Zoeller // Hormones. – 2010. – N. 9(1). – P. 28-40.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2430367

**СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В
ЗОНЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

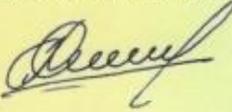
Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Иркутская государственная сельскохозяйственная академия" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010124322
Приоритет изобретения **15 июня 2010 г.**
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 сентября 2011 г.**
Срок действия патента истекает **15 июня 2030 г.**



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

 **Б.П. Симонов**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **2 430 367**⁽¹³⁾ **C1**(51) МПК
G01N 33/48 (2006.01)**(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2010124322/15, 15.06.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.06.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.06.2010

(45) Опубликовано: 27.09.2011 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: ЕРМАКОВА О.В. и др.

Морфологическая оценка состояния
щитовидной железы полевок-
экономок (*Microtus oeconomus* Pall) после
действия хронического γ -облучения в малых
дозах. Тяжелые металлы, радионуклиды и
элементы-биофилы в окружающей среде:
доклады II международной научно-
практической конференции. -
Семипалатинск, 2002, с.354-359. ПОПОВ
А.П. и (см. прод.)

Адрес для переписки:

664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, п.
Молодежный, 12, ФГОУ ВПО "ИрГСХА",
патентный отдел, В.Н. Хабардину

(72) Автор(ы):

Силкин Иван Иванович (RU),
Попов Александр Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Иркутская государственная
сельскохозяйственная академия" (RU)

RU 2 430 367 C1

(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ЗОНЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА
БАЙКАЛ

(57) Формула изобретения

Способ оценки экологической обстановки в зоне экосистемы озера Байкал, при котором отлавливается в качестве тест-объекта животное, обитающее в данной местности, и исследуют органы эндокринной регуляции на наличие морфофункциональных изменений, отличающийся тем, что в качестве тест-объекта используют ондатру, которая является в указанной зоне промысловым зверем, при этом ее органы исследуют на наличие морфофункциональных изменений, и по их характеру судят об экологической обстановке вокруг озера Байкал.

(56) (продолжение):

др. Биохимическое тестирование токсического загрязнения вод: планирование эксперимента и выбор тест-объекта. - Вестник Московского государственного областного университета, сер. «Естественные науки». - М., 2006, изд-во МГОУ, №4, с.87-92. НИКИФОРОВА Е.В. Изменение

«Утверждаю»

Ректор ФГБОУ ВО

«Иркутский

государственный медицинский

университет»

И.В. Малов

05.09. 2019 г.



КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Изложенные в информационном листе данные относительно морфофункциональной характеристики щитовидной и надпочечной желез ондатры обитающей в условиях антропогенного воздействия в городе Иркутске, отображают основные положения кандидатской диссертации Зольниковой Ирины Фаритовны и используются в научных исследованиях и в учебном процессе на кафедре:

Кафедра лабораторной диагностики
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет»

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры:

Кафедра лабораторной диагностики

Протокол № 2 ___ от „5 ___” сентября _ 2019 г.

Зав. кафедрой лабораторной диагностики,

кандидат биологических наук, доцент

Л.А.Николаева

Областное государственное
автономное учреждение
здравоохранения «Иркутский
областной клинический
консультативно-диагностический
центр»
Клинико-диагностическая
лаборатория

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Тема диссертации, выполненная в ФГБОУ ВО Иркутский государственный аграрный Университет имени А.А. Ежевского Зольниковой Ирины Фаритовны: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры обитающей в условиях города Иркутска» отображает основные положения кандидатской диссертации и может рассматриваться как научное исследование.

Изложенные в информационном листе данные относительно морфофункциональной характеристики щитовидной и надпочечной желез ондатры, обитающей в условиях антропогенного воздействия в городе Иркутске может использоваться в учебной практике лаборатории

Заведующий КДЛ ОГАУЗ

Иркутский областной клинический

Консультативно – диагностический Центр  И.А. Мирошниченко

Министерство здравоохранения
Российской Федерации

Иркутская государственная медицинская академия
последипломного образования –
филиал федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
дополнительного профессионального образования
«Российская медицинская академия
непрерывного профессионального образования»
(ИГМАПО – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ)

664049, г. Иркутск, м/р Юбилейный, 100
тел. (3952) 46-53-26 факс (3952) 46-28-01
E-mail: irkmapo@irk.ru, <http://www.igmapo.ru>

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Результаты научных исследований, изложенные Зольниковой Ириной Фаритовной в диссертации «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры обитающей в условиях города Иркутска», используются в учебной деятельности Центральной научно-исследовательской лаборатории.

Заведующий ЦНИЛ
к.б.н.



Л.В. Зарицкая Л.В. Зарицкая

Министерство здравоохранения
Российской Федерации

Иркутская государственная медицинская академия
последипломного образования –
филиал федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
дополнительного профессионального образования
«Российская медицинская академия
непрерывного профессионального образования»

(ИГМАПО – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ)

664049, г. Иркутск, м/р Юбилейный, 100
тел. (3952) 46-53-26
факс (3952) 46-28-01

E-mail: irkmapo@irk.ru, <http://www.igmapo.ru>

№ ____ от _____ 2020 г.

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Результаты научных исследований, полученные аспирантом кафедры специальных ветеринарных дисциплин факультета биотехнологии и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского Зольниковой Ириной Фаритовной, а также методы окраски и морфометрии цитологических препаратов, применяемые в ходе этой научной работы, используются в учебном процессе на кафедре лучевой и клинической лабораторной диагностики ИГМАПО – филиале ФГБОУ ДПО РМАНПО.

Доцент кафедры лучевой и
клинической лабораторной диагностики
ИГМАПО, к.м.н.



В.В.Кузьменко

УТВЕРЖДАЮ:

ректор ФГБОУ ВО «Бурятская государственная
сельскохозяйственная академия имени В.Р.
Филиппова, доц. Г.Е. Дареев



_____ 2020

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Результаты научных исследований Зольниковой Ирины Фаритовны, на тему: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры в естественных условиях Байкальского региона и при антропогенном воздействии», используются в учебном процессе при преподавании дисциплин затрагивающие вопросы анатомии и гистологии животных, а также в научной и практической работе аспирантами и сотрудниками кафедры анатомии, физиологии, фармакологии факультета ветеринарной медицины Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова.

Результаты научных исследований Зольниковой Ирины Фаритовны, на тему: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры в естественных условиях Байкальского региона и при антропогенном воздействии» рассмотрены и одобрены на заседании кафедры анатомии, физиологии, фармакологии, протокол № 3 от "16" 09 2020 г.

Заведующий кафедрой анатомии, физиологии,
фармакологии БГСХА, доц.

В.В. Токарь



НАЧАЛЬНИК
ОТДЕЛА КАДРОВ
Егодурова М.Ю.

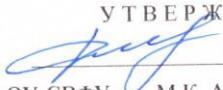


МИНОБРНАУКИ РОССИИ
 Федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 профессионального образования
 «Северо-Восточный федеральный
 университет имени М.К.Аммосова»
 (СВФУ)

**Институт естественных
 наук**

Кулаковского ул., д.48, г. Якутск
 Республика Саха (Якутия), 677000
 Тел. (4112) 49-69-80
 Факс (4112) 49-68-42
 E-mail: bgf_ysu@mail.ru
<http://www.s-vfu.ru>

19.09.19 № 35/53
 На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:


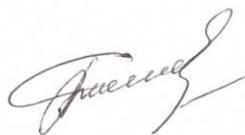
 Директор ИЕН ФГАОУ СВФУ им. М.К. Аммосова
 к.б.н. Колодезников В.Е.

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Научные исследования Зольниковой Ирины Фаритовны, на тему: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры обитающей в условиях города Иркутска», используются в учебном процессе при преподавании дисциплин затрагивающие вопросы экологии, биологии, химии, а также в научной и практической работе аспирантами и сотрудниками биологического и эколого-географического отделений Института естественных наук СВФУ имени М.К. Аммосова.

Результаты представленных научных исследований Зольниковой Ирины Фаритовны, на тему: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры обитающей в условиях города Иркутска» рассмотрены и одобрены на заседании экологического направления ЭГО 16 сентября 2019 протокол №16.

Руководитель образовательной
 Программы ЭН ЭГО ИЕН СВФУ
 им. МК Аммосова, к.б.н., доцент



Г.С.Васильева



Утверждаю:

проректор по научному и
инновационному развитию
Алтайского
государственного университета

Максимова С.Г.

« 14 » 09 2020 г.

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Результаты научных исследований соискателя кафедры специальных ветеринарных дисциплин факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Иркутского государственного аграрного университета Зольниковой Ирины Фаритовны по теме диссертации: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры в естественных условиях Байкальского региона и при антропогенном воздействии», внедрены и используются в учебном процессе и научных исследований на кафедре зоологии и физиологии Алтайского государственного университета.

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры зоологии и физиологии

Протокол № 2 от « 4 » сентября 2020 г.

Зав. кафедрой зоологии и физиологии

Мацюра А.В.

Профессор кафедры зоологии и физиологии

Овчаренко Н.Д.

Утверждаю
И.о. директора ФГБУ «Иркутская МВЛ»
Н.Н. Воробьева _____
« » _____ 2020 г.



КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Тема диссертации, выполненная в ФГБОУ ВО Иркутский аграрный Университет имени А.А. Ежевского Зольниковой Ирины Фаритовны: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры обитающей в условиях города Иркутска» отображает основные положения кандидатской диссертации и может рассматриваться как научное исследование.

Руководитель ИЦ ФГБУ ИМВЛ

И.Д. Шуплецова



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор Алтайского ГАУ

Колпаков Н.А.

« _____ » _____ 2020 г.

КАРТА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

О внедрении результатов диссертационной работы аспиранта кафедры специальных ветеринарных дисциплин Иркутского ГАУ Зольниковой Ирины Фаритовны на тему: «Структурно-функциональная оценка адаптации щитовидной железы и надпочечника ондатры в естественных условиях Байкальского региона и при антропогенном воздействии». Научный руководитель – д.б.н., доцент Силкин Иван Иванович.

Изложенные в информационном листе данные относительно морфофункциональной характеристики щитовидной железы и надпочечника ондатры, обитающей в условиях экосистемы Байкальского региона и под влиянием городской среды Иркутска отображают основные положения кандидатской диссертации Зольниковой Ирины Фаритовны, используются в научных исследованиях и учебном процессе на кафедре терапии и фармакологии ИВМ АГАУ

Материалы научной работы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры терапии и фармакологии, протокол № 2 от „15” _сентября 2020 г.

Зав кафедрой д.в.н., профессор

А.А.Эленшлегер