

ОТЗЫВ ОППОНЕНТА

Паничева Александра Михайловича, ведущего научного сотрудника Тихоокеанского института географии ДФО РАН, доктора биологических наук, на диссертацию **Беяновской Александры Игоревны**: «Элементный состав организма млекопитающих природно-техногенных территорий и их ранжирование с использованием модели USEtox», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология.

Актуальность выбранной темы

Актуальность темы диссертации несомненна, и определяется насущной необходимостью продолжения исследований в области биогеохимии и геохимической экологии, в том числе необходимостью познания закономерностей устройства и функционирования организма млекопитающих на уровне химических элементов, закономерностей обмена организма химическими элементами со средой обитания, а также – оценки экологического состояния территорий с использованием параметров отслеживания величины и значимости воздействия химических элементов на компоненты ландшафта и человеческий организм через показатели элементного состава органов и тканей млекопитающих.

Для достижения поставленной цели выбран оригинальный подход, основанный на сборе обширного спектра биологических проб с охватом практически всех важнейших органов, тканей и жидкостей организма Свиньи домашней (*Sus scrofa domestica*) от экземпляров, выросших на территориях с различными геоэкологическими условиями с дальнейшим их изучением в лаборатории. В собранных биопробах установлены индикаторные показатели содержания, концентрирования и соотношения химических элементов, а также выявлена биогеохимическая специфика формирования барьерных свойств органов у животных, выросших на различных территориях в условиях разной степени их урбанизации и интенсивности хозяйственной деятельности. Подобная работа с охватом нескольких пространственно разобщенных территорий, где по единой методике отобрано столь большое количество биопроб от животных, в которых определен столь широкий набор химических элементов, причем самыми современными методами, была проведена, пожалуй, впервые в России. После обработки результатов химического анализа отобранного биоматериала были получены данные, которые, несомненно, имеют существенное теоретическое значение. Необычайно важными и интересными среди полученных данных, по мнению оппонента, являются сведения о содержании в биопробах редкоземельных элементов. Всего десять лет назад эти элементы считались биологически нейтральными, не выполняющими значимых для организма функций. В последние годы появляется все больше данных о том, что эти представления были

ошибочными. В этой связи научная ценность полученных результатов становится еще более очевидной.

Полученные данные диссертантом частично были использованы для модификации метода расчета характеристического фактора токсичности для здоровья населения с использованием модели USEtox, разработанной в рамках Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), что позволило ранжировать исследованные территории по величине данного фактора. Тем самым диссертационная работа обрела еще и практическую направленность.

Очевидные элементы новизны в диссертации присутствуют как в методическом подходе к сбору данных (выбор Свины домашней в качестве донора целого спектра биопроб) с последующим определением широкого набора химических элементов самыми современными методами, так и в расчетах фактора токсичности химических элементов с использованием модели USEtox, которая считается на Западе наилучшей научной моделью для оценки токсического воздействия химических веществ на экосистемы и здоровье человека, и которая пока еще мало известна в России.

Здесь стоит отметить, что в настоящее время органы и ткани Свины домашней активно исследуются как в качестве индикатора природно-геохимической специфики территорий, так и уровня экологической нагрузки на территории. Кроме того, элементный состав организма Свины домашней представляет научный интерес, как модель человеческого организма, отражающая характер воздействия на него окружающей среды.

Участие диссертанта в выполненной работе весомо. Исследователем лично отобраны 33 пробы биологического материала Свины домашней на территории города Экибастуз Павлодарской области; выполнена подготовка части биологических проб к химическим анализам; участвовала в выделении биологической воды из организма млекопитающего методом Дина и Старка. Принимала также участие в отборе проб биоматериала от мелких млекопитающих совместно с сотрудниками Института экологии растений и животных УРО РАН. Диссертантом лично проведена статистическая обработка всех данных, проводился расчет характеристических коэффициентов токсичности для Cr, Zn, As, Ba, Sb, дана интерпретация полученных результатов и сформулированы защищаемые положения. Совместно с научными руководителями диссертантом была разработана методика расчета характеристического коэффициента токсичности элементов в модели оценки воздействия на здоровье населения USEtox.

Характеристика структуры работы

Структура работы традиционная, состоит из введения, 8 глав, заключения, списка литературы и приложения, изложенных на 157 страницах машинописного текста. Работа включает 93 рисунка и 28 таблиц. Список литературы содержит 166 источников, в том числе 74 на иностранном языке.

Во введении показана актуальность исследований, определены цель и задачи, приведены основные результаты, представлена их научная новизна и практическая значимость, а также обозначен личный вклад автора и апробация работы. Три первых главы посвящены литературному обзору. **В главе 1** рассматриваются особенности функционирования биогеохимических барьеров живого организма и роль элементного состава органов Свиньи домашней (*Sus scrofa domesticus*) как индикатора геоэкологических обстановок. **В главе 2** рассматриваются способы анализа экологического состояния окружающей среды, а также подходы к изучению природной среды биогеохимическими методами исследований и методом оценки жизненного цикла. **Глава 3** содержит характеристику районов исследования, природно-техногенных систем России и Казахстана (приводятся краткое геологическое и металлогеническое описание и геоэкологическая характеристика районов исследования по литературным данным). Методика исследований описывается **в главе 4**, в том числе приводятся способы отбора проб, их подготовки для анализа, методы анализа, приемы математической обработки данных, а также методические основы модели USEtox. Остальные 4 главы посвящены изложению результатов проведенной работы.

Основные научные результаты

В главе пятой диссертант приводит и анализирует общие статистические параметры накопления химических элементов в организме Свиньи домашней (по всей выборке). Приводятся данные по абсолютным содержаниям элементов, коэффициентам концентрации и вариации, данные корреляционного анализа с диаграммой ассоциаций химических элементов.

Согласно полученным данным, все исследованные элементы подразделяются на 3 группы: макрокомпоненты, с содержанием свыше 600 мг/кг (Na, Ca, Fe, Zn), элементы, встречающиеся в организме в концентрации от 20-150 мг/кг (Br, Rb, Sr, Ba, Cr, Ce, Co, As), и редкие элементы, с содержаниями ниже 1 мг/кг (Nd, La, Ag, Sm, U, Sc, Cs, Sb, Au, Th, Hf, Yb, Tb, Eu, Lu, Ta). Сравнительный анализ среднего содержания элементов в изученных биопробах показывает низкое варьирование макроэлементов за исключением Fe, Ca и Sr. Эссенциальные микроэлементы сильно различаются по содержанию внутри организма. Редкоземельные и радиоактивные элементы

демонстрируют разброс значений в зависимости от типа исследованной системы в организме, наглядно подчеркивая барьерный тип их накопления. Среди биогеохимических барьеров в организме Свиньи домашней особо выделяются барьеры пищеварительной и опорно-двигательной систем, аккумулирующие все рассмотренные элементы, образуя два своеобразных пика, хотя и с некоторыми исключениями. Минимальное количество элементов концентрируется в эндокринной, и центральной нервной системах. В итоге сделан логичный, хотя и гипотетический, вывод о том, что накопления элементов в более высоких концентрациях на барьерных органах, определяющие их элементную специфику, обусловлены средой обитания животного.

В главе **шестой** полученные данные состава организмов Свиньи домашней из двух районов Томской области (одна из них условно фоновая, вторая условно импактная, т.е. подверженная техногенному воздействию) и из города Экибастуз (Казахстан) рассматриваются в качестве индикаторов техногенной нагрузки. Показано, что концентрация элементов в биопробах на условно фоновой территории значительно ниже, чем в импактной. При этом необычайно интересными, выявленными диссертантом, фактами являются сильная корреляционная связь между кобальтом и европием на условно фоновой территории, в то время как на импактной территории сильная корреляционная связь кобальта наблюдается со скандием. Эти факты диссертант, опираясь на литературные данные по изучению состава солей жесткости в пределах рассматриваемых территорий, объясняет региональным аспектом взаимоотношений организма со средой.

Выявлено также, что содержания макрокомпонентов на всех изученных территориях повторяются, отличаясь только количественно, а содержание редкоземельных и радиоактивных существенно варьирует в зависимости от зоны пробоотбора. Наибольшей схожестью распределения элементов обладают ткани кишечника, а более всего разнятся концентрации элементов в костной ткани. При сравнении данных из Томской и Павлодарской областей по содержанию элементов в костной ткани и центральной нервной системе, отмечается, что спинной мозг животных из Томской области менее обогащен химическими элементами. Костная же ткань закономерно концентрирует основное их количество, что объясняется физиологической функцией костей, как «депо» для химических элементов. Значительные вариации состава костной ткани в зависимости от зоны отбора проб диссертант связывает с геоэкологическими условиями пункта пробоотбора. Факт появления ряда микроэлементов в ткани центральной нервной системы в организме животных из Павлодарской области логично объясняется нарушением барьерных функций костного депо.

Для выявления наиболее значимых корреляционных связей между элементами построены матрицы для организма животных из каждого исследованного населенного пункта. Таблица значимых корреляционных связей элементов ($>0,7$) в зольном остатке биоматериала показывает, что основным элементом, образующим большинство связей является хром. При этом хром в трех выборках ведет себя по-разному, связываясь с разными элементами в зависимости от зоны пробоотбора: в Экибастузе с редкоземельными элементами, в Томской области – с тяжелыми металлами.

Глава седьмая посвящена оценкам влияния техногенных факторов на формирование биогеохимических барьеров в организме млекопитающих (включая человека). Представлены интереснейшие данные (как собственные, так и опубликованные) по концентрации элементов в эмбрионах и плацентах мелких млекопитающих, а также в плацентах женщин на территориях с разным уровнем техногенного воздействия. Так, пробы женской плаценты из Ленинского района г. Томска содержат больше Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Ba, La, Hf, Th. Пробы из Кировского района отличаются высокими содержаниями Na, Br, Cs, Ce, Nd, Eu, Au, из Октябрьского – Ta и U. Полагается, что основной причиной повышенных (в сравнении с другими районами города) содержаний большинства химических элементов в тканях плаценты женщин, проживающих в Ленинском и Кировском районах, являются местные котельные и частный сектор как источники частиц зольного шлака, обогащенных данными элементами.

В рамках исследования было изучено изменение химического состава разных отделов пищеварительной системы, поскольку желудочно-кишечный тракт как зона наиболее активного всасывания химических элементов является наиболее выраженным биогеохимическим барьером организма млекопитающих. В ходе исследования выявлено, что элементы с разной валентностью концентрируются в тех или иных отделах желудочно-кишечного тракта в зависимости от pH среды. При этом элементы с постоянной валентностью такие, как Ca, Na, Rb, Sr, в наибольшей степени концентрируются на участках кишечного тракта, имеющих высокий водородный показатель, а элементы с переменной валентностью проявляют обратную зависимость. Сравнение биогеохимических рядов показывает, что каждый отдел кишечного тракта проявляет свои индивидуальные особенности, концентрируя специфичные элементы. Макроэлементы активно аккумулируются тканями кишечника по всей его протяженности, снижая концентрации лишь в конечных его отделах. При этом Na, Ca и Fe выделяются из организма в меньшей степени нежели такие микроэлементы, как редкоземельные и радиоактивные. Максимальное накопление Cr, Zn, Co, Ba As приходится на ткани толстого кишечника. В соответствии с представленными

диаграммами концентрирования элементов в кишечнике Свиньи домашней, получается, что интенсивность концентрации нарастает пропорционально степени техногенного воздействия. Химическая близость организма Свиньи домашней к человеку, и аналогия поведения химических элементов в организмах млекопитающих в целом дает основание предполагать, что выявленные закономерности могут быть отнесены и к человеку, но данное предположение требует дальнейшей проработки.

Один из разделов седьмой главы посвящен оценке индикаторной роли центральной нервной системы при оценке техногенного воздействия на живой организм. Показано, что ткани центральной нервной системы при избыточном техногенном воздействии также начинают аккумулировать микроэлементы. Так, в головном мозге Свиньи домашней из с. Путинцево Восточно-Казахстанской области, накапливаются Ce, Yb, Tb, Th, U, а в спинном мозге – Lu и Hf. Пробы из с. Кижирова в Томской области, также испытывающего постоянное техногенное воздействие от Северного промышленного узла, накапливают Cs, Ba, La в головном и Cr, Fe, Cs, Hf, Sm – в спинном мозге. В то же время органы центральной нервной системы из с. Верхнее Сеченово Томской области не содержат элементов с коэффициентом концентрации выше 1. На основе представленных материалов сделано предположение, что антропогенное воздействие нарушает работу гематоэнцефалического барьера, препятствующего попаданию металлов в головной и спинной мозг.

Судя по представленным материалам из Забайкалья, техногенез оказывает воздействие и на состав костной ткани. В частности, кальций, как основной компонент костной ткани нередко замещается другими макро и микроэлементами в зависимости от места отбора проб. Так, в костях из с. Уровские ключи кальций замещается Ag, U и Sr. В образцах из Газимуромского завода и с. Тайна данный макроэлемент имеет крайне низкий коэффициент концентрации и замещается большим количеством микроэлементов. Состав красного костного мозга в некоторых случаях отражает состав трубчатой ткани. Так, например костный мозг из с. Калга аккумулирует те же элементы, что накапливаются в кости. Общими компонентами костного мозга на всех исследуемых участках в Забайкалье были Co, Fe, Nd, Ag, а специфичными Fe, Zn, Eu, Cs, Sb, As, Rb, La, Th – для с. Уровские ключи, и Tb, Ta – для с. Тайна.

Интересные результаты получены по крови, оказалось, что она также способна тонко реагировать на изменения в окружающей среде. Так, кровь поросенка из с. Кижирова (Томская обл.) содержит больше U, Th, Nd, Vg и редкоземельных элементов. Данные элементы, несомненно, являются индикаторами техногенного воздействия. На это указывают факты из литературы, которые приводит диссертант.

Глава восьмая посвящена оценке токсичности элементов в почвах и воздухе на территории исследуемых регионов в рамках модели USEtox. Для расчета характеристического коэффициента токсичности, учитывающего геоэкологическую специфику изучаемого региона, методика вычислений была модифицирована с помощью собственных и литературных данных.

В итоге, для большинства элементов ранжирование индекса токсичности для поступления элементов с территории через почвы выглядит следующим образом: Забайкальский край > Павлодарская область > Восточно-Казахстанская область > Томская область > Тыва. Риски для здоровья населения при нормализации на воздух имеют другой порядок величин, на последнем месте среди всех опробованных территорий по величине характеристического коэффициента оказывается село Путинцево Восточно-Казахстанской области. На третье место по величине характеристического коэффициента для Zn и As выходят поселки Кижирово и Верхнее Сеченово Томской области, а для Cr, Sb и Ba поселок Хову-Аксы Республики Тыва. Основной вклад в величину характеристического коэффициента для изученных регионов вносит As, а минимальное воздействие оказывает Ba. Для всех исследованных территорий, кроме села Путинцево Восточно-Казахстанской области, элементы по уровню токсичности выстраиваются в ряд: As>Cr>Sb>Zn>Ba, для Восточно-Казахстанской области на третье место по токсичности становится Zn, а на четвертое Ba.

Таким образом, результаты оценки токсичности элементов на разных исследуемых территориях согласуются с исследованиями, проведенными ранее, и показывают потенциальную токсичность элементов не только в зависимости от концентрации элементов в биоматериалах, но и от размера территории и плотности населения.

Проведенные исследования позволили диссертанту сделать следующие выводы:

1. В условиях локальных территорий России и Казахстана в организме млекопитающих происходит концентрирование специфических химических элементов и изменяются их соотношения, что может служить индикатором геоэкологической обстановки района. Для биопроб организма Свиньи домашней, отобранных на территории города Экибастуз Павлодарской области, характерно концентрирование Na, Zn, Rb, Ag, Sm, Lu с их преимущественным аккумулярованием в органах пищеварительной и опорно-двигательной системы. Для Томского района характерно концентрирование Au, Вг с их концентрированием в органах дыхательной и кровеносной системы.
2. Независимо от региона в организме млекопитающих образуются устойчивые корреляционные связи элементов с хромом. Техногенные условия среды обитания

формируют различные ассоциации данного элемента: для города Экибастуз (Казахстан) и населенных пунктов Томского района России – положительные, для поселений Забайкальского края – отрицательные.

3. В условиях повышенного антропогенного воздействия нарушается работа барьерных органов. Начинается аккумуляция химических элементов в головном и спинном мозге, плацентарной ткани и эмбрионах млекопитающих.

4. Модифицированный характеристический коэффициент токсичности позволяет ранжировать локальные территории России и Казахстана по степени токсичности отдельных элементов для здоровья населения. В целом, данный показатель характеризует поселения Забайкальского края, как зоны наиболее напряженной нагрузки для человека.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность защищаемых положений и выводов обеспечена статистически значимым количеством проб, проанализированных современными высокочувствительными аналитическими методами в аккредитованных лабораториях, а также глубиной проработки фактического материала с использованием современных методов статистической обработки и литературы по теме исследования. Выполненная работа имеет, прежде всего, существенное теоретическое значение. Практически направленный компонент работы, который заключался в модификации метода расчета характеристического фактора токсичности для здоровья населения по ряду элементов, также успешно выполнен на основе широко распространенной на Западе модели USEtox, разработанной в рамках Программы ООН по окружающей среде. Это позволило диссертанту более обоснованно ранжировать исследованные территории по величине данного фактора.

Недостатки работы

Если работу оценивать как полноценное научное исследование, то главный ее недостаток, это слишком малая выборка опробованных животных для обеспечения доказательности выводов. По сути, выводы в большинстве случаев делаются по анализам биопроб, взятых от одного животного в каждом районе. Слабо обеспеченными фактическими данными представляется также отнесение тех или иных элементов, обнаруженных в биопробах в повышенных концентрациях, к импактным, то есть связанным с техногенным загрязнением территории, а не с ее естественным геохимическим фоном. В то же время очевидно и то, что адекватно охарактеризовать химический состав тканей и органов млекопитающих, выросших в разных ландшафтно-

геохимических условиях по силам лишь большому научному коллективу с большим запасом времени и гигантским финансированием. Понимая все сложности, которые неизбежны в процессе выполнения подобных исследований, я склонен оценивать данную работу, прежде всего, с точки зрения способности диссертанта самостоятельно и качественно ее выполнять. Оценивая работу именно с таких позиций, серьезных недостатков в ней мною не выявлено.

В качестве незначительных недостатков, во-первых, можно отметить наличие огрехов в тексте, в том числе пропусков (к примеру, в оглавлении пропущена глава 2), неточных определений (на стр. 12 дано неточное определение биогеохимических барьеров в геологии), а также неудачных (плохо отредактированных) выражений и целых предложений. Примеры неудачных предложений: «Основными защитными системами, чья функция была неоднократно подтверждена экспериментально это почки и печень» (стр. 13). «Предполагается, что специфика поведения животного, а именно рыхление почвы приводит к повышенному концентрированию в пищеварительной системе наибольшего числа химических элементов» (стр. 17). «Поток грунтовых вод обеспечивается рельефом местности повсюду в опущенных рельефах» (стр. 26). Или: «Поведение свинины в естественной среде включает в себя рытье, поэтому поглощение загрязненных почв может быть более значительным, чем вдыхание» (стр. 133). Не совсем удачно также, с точки зрения грамматики русского языка, придумано название диссертации. Слово «ранжирование» непонятно к чему относится, к элементам или к территориям. По законам русского языка ранжирование в данном предложении относится к элементам, что не соответствует вкладываемому в название смыслу.

Недостаток работы другого рода связан с неполнотой проработки литературы. В списке литературы отсутствуют некоторые важные, с моей точки зрения, работы, в частности, монография В.В. Ермакова и С.Ф. Тютикова: Геохимическая экология животных (М. Наука. 2008. 315 с.). Сюда же можно отнести и то обстоятельство, что диссертант, описывая экологическую обстановку на территории Забайкалья, как и при обсуждении полученных результатов совершенно не упомянула о распространенном на данной территории геохимически обусловленном заболевании. Я имею в виду урвскую болезнь, или болезнь Кашина-Бека, которая, кстати, отмечена во многих районах российского Дальнего Востока, а также Китая и Кореи. У меня возникло ощущение, что диссертанту проблема не знакома. Между тем, причины заболевания до сих пор до конца не известны. Мне представляется, что полученные диссертантом уникальные данные по накоплению химических элементов в организме животных из урвской провинции являются значимыми для завершения затянувшегося дела по раскрытию истинных механизмов развития подобных заболеваний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Соискателем выполнен и адекватно проанализирован необычайно большой объем работы, в итоге получены новые весьма интересные научные результаты, имеющие существенное практическое, но, особенно, теоретическое значение в области биогеохимии и геохимической экологии, которые, несомненно, будут еще доосмысливаться. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством. Главы в диссертации грамотно выстроены, между разделами прослеживается логическая связь. Цель и задачи исследования сформулированы четко, соответствуют выбранной теме. Выводы в диссертации соответствуют поставленным задачам и вытекают из результатов работы. Литература оформлена грамотно. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Название диссертации соответствует содержанию. Тексты диссертации и автореферата не содержат сведений, составляющих государственную тайну. Таким образом, все формальные требования, предъявляемые к кандидатским диссертациям, соблюдены.

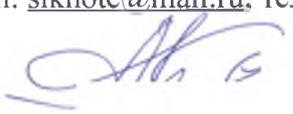
Диссертацию **Беляновской Александры Игоревны** я оцениваю очень высоко, считаю, что представленная работа значительно превосходит уровень требований, предъявляемых к кандидатским диссертациям. Соискатель, несомненно, заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.36 – «Геоэкология» (Науки о Земле).

02.10.2017

Александр Михайлович Паничев, в.н.с. лаб. Экологии и охраны животных Тихоокеанского института географии ДВО РАН, д.б.н. (03.02.08 – экология), к.г.-м.н.

Почтовый адрес ТИГ: 690041, Приморский край, г. Владивосток, ул. Радио, д.7.

E-m: sikhote@mail.ru; тел.: 8-


Подпись Паничева А. М.
Удостоверяю
Зав. отделом кадров
Панасенко В. Г. 14.10.2019

