УДК 614.4(574.5)
DOI: 10.70948/1694-8459-2025-1(9)-141-149

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭХИНОКОККОЗА И АЛЬВЕОКОККОЗА В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Раимкулов К. М.[1], Тойгомбаева В. С.[1], Усубалиева Ж. М.[2], Куттубаев О. Т.[1], Чымыров А. У. [3], Тыныбекова А. Т. [3]

[1]Кыргызская Государственная медицинская академия им. И. К. Ахунбаева
[2]Департамент профилактики заболеваний и госсанэпиднадзора МЗ КР
[3]Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова
kursanbek@mail.ru

Аннотация: *В статье рассматриваются результаты геоинформационного картирования распространенности эхинококкоза и альвеококкоза в Кыргызской Республике (КР). Исследование основывается на данных эпидемиологического наблюдения, а также официальной статистике, что позволяет выявить наиболее подверженные эти паразитарные заболевания районы. Географические, экологические и социокультурные факторы способствуют их распространению, что требует внедрения современных инструментов, таких как геоинформационные системы (ГИС), для эффективного анализа и управления ситуацией, а также может послужить основой для разработки профилактических мер. Географические информационные системы (ГИС) предоставляют разнообразные инструменты. Тем не менее, их функционал не сводится только к визуализации данных на картах; они также играют важную роль в улучшении анализа пространственной информации.*

Ключевые слова: *эхинококкоз, альвеококкоз, геоинформационные системы, распространенность, цифровое картирование, база геоданных КР.*

ГЕОГРАФИЯЛЫК МААЛЫМАТТАР СИСТЕМАЛАРЫН КОЛДОНУУ МЕНЕН КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА ЭХИНОКОККОЗ ЖАНА АЛЬВЕОКОККОЗДУН ТАРАЛЫШЫН КАРТАГА ТҮШҮРҮҮ

Раимкулов К. М.[1], Тойгомбаева В. С.[1], Усубалиева Ж. М.[2], Куттубаев О. Т.[1], Чымыров А. У. [3], Тыныбекова А. Т. [3]

[1]И. К. Ахунбаев атындагы Кыргыз мамлекеттик медициналык академиясы
[2]Кыргыз Республикасынын Саламаттык сактоо министрлигинин оорулардын алдын алуу жана мамлекеттик санитардык-эпидемиологиялык көзөмөл департаменти
[3]И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети
kursanbek@mail.ru

Аннотация: *Макалада Кыргыз Республикасында эхинококкоздун жана альвеококкоздун таралышынын геомаалыматтык картасынын натыйжалары талкууланат. Изилдөө эпидемиологиялык көзөмөлдүн маалыматтарына, ошондой эле расмий статистикага негизделген, бул бул мите ооруларына эң кабылган аймактарды аныктоого мүмкүндүк берет. Алардын таралышына географиялык, экологиялык жана социалдык-маданий факторлор көмөктөшөт, бул кырдаалды эффективдүү талдоо жана башкаруу үчүн географиялык маалымат тутумдары (ГМС) сыяктуу заманбап инструменттерди киргизүүнү талап кылат, ошондой эле алдын алуу чараларын иштеп чыгуу үчүн негиз боло алат. ГИС*

системалары ар кандай инструменттерди сунуштайт. Бирок, алардын мүмкүнчүлүктөрү картада маалыматтарды көрсөтүү менен гана чектелбестен, мындан тышкары, мейкиндик маалыматтарды талдоодо карталардын натыйжалуулугун жогорулатууга да жардам берет.

Негизги сөздөр: *эхинококкоз, альвеококкоз, географиялык маалымат системалары, таралышы, санариптик карта түзүү, КР геомаалыматтар базасы.*

MAPPING THE DISTRIBUTION OF ECHINOCOCCOSIS AND ALVEOCOCCOSIS IN THE KYRGYZ REPUBLIC USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

K.M. Raimkulov[1], V.S. Toigombaeva[1], J.M. Usubalieva[2], O.T. Kuttubaev[1], A.U. Chymyrov[3], A.T. Tynybekova[3]

[1]Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev. I.K. Akhunbaev,
[2]Department of Disease Prevention and State Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic
[3]I. Razzakov Kyrgyz State Technical University

Abstract: *This article analyzes the outcomes of geoinformation mapping regarding the prevalence of echinococcosis and alveococcosis in the Kyrgyz Republic. The research is based on epidemiological surveillance data and official statistics, which enable the identification of regions that are most affected by these parasitic diseases. Geographical, ecological, and sociocultural factors contribute to their spread, necessitating the implementation of modern tools such as geographic information systems (GIS) for effective analysis and management of the situation. GIS technologies can also serve as a foundation for developing preventive measures. GIS provides a wide range of tools, and its capabilities are not limited to merely displaying results on a map. The effectiveness of maps as an analytical tool lies in their ability to analyze spatial data.*

Keywords: *echinococcosis, alveococcosis, geographic information systems, prevalence, digital mapping, geodatabase of the Kyrgyz Republic.*

Актуальность

Одной из задач в борьбе с паразитарными заболеваниями является улучшение эффективности системы эпидемиологического надзора через активное внедрение новых информационных и телекоммуникационных технологий [1]. Эпидемиологическая диагностика, анализ, разработка мероприятий по борьбе с эпидемиями и профилактике, а также оценка их результативности в современных условиях невозможны без системы сбора и учета достоверной информации, которая вводится в базу данных (БД) и подвергается многофакторному анализу. Прогресс в лабораторных технологиях, включая паразитологические исследования, должен быть направлен на обеспечение точности, воспроизводимости и прослеживаемости всех этапов исследований, а также их стандартизации.

Эхинококкоз и альвеококкоз являются значительными паразитарными заболеваниями, представляющими серьезную общественную проблему в Кыргызской Республике. Их широкое распространение, обусловленное географическими, экологическими и социокультурными факторами, требует системного и комплексного подхода к диагностике, изучению распространенности и профилактике. Эти заболевания наносят вред здоровью населения, что подчеркивает необходимость разработки эффективных мер борьбы с ними.

Успешное решение задач в сфере здравоохранения требует не только реализации лечебных и профилактических мероприятий, но и активного использования информационных технологий, среди которых важную роль играют геоинформационные системы (ГИС). ГИС играют ключевую роль в исследованиях в области здравоохранения. Они предоставляют возможность визуализировать информацию о болезнях и отслеживать их распространение [2].

Использование ГИС и пространственного анализа способствует созданию рекомендаций, направленных на оптимизацию работы медицинских учреждений и уменьшение случаев паразитарных заболеваний, что, в свою очередь, оказывает благоприятное воздействие на здоровье населения. Настоящее исследование сосредоточено на анализе пространственного распространения этих заболеваний с помощью функций ГИС, что помогает создать детализированную картину эпидемиологической ситуации в стране. ГИС сочетают в себе картографию и многомерный статистический анализ, что позволяет исследовать сложные пространственные связи (например, связь людей с определенными местами) и представлять данные в наглядной и яркой форме. ГИС служат инструментом, который можно использовать для анализа взаимосвязей между результатами работы системы здравоохранения и различными социальными, демографическими, экономическими и политическими факторами. Применение ГИС стремительно развивается как способ эффективного связывания и анализа данных, необходимых для решения сложных задач в области укрепления здоровья, общественного здравоохранения, эпидемиологии и других смежных областях [3]. ГИС интегрируют исследовательские и аналитические подходы как в медицинской географии, так и в пространственной эпидемиологии, и в настоящее время находят применение в различных сферах здравоохранения и науки. За последнее десятилетие наблюдается значительный рост эпидемиологических исследований с использованием ГИС, особенно в контексте неравенства в области здоровья, доступности ресурсов и поведенческих факторов риска. Одним из наиболее распространенных способов применения ГИС в эпидемиологических исследованиях является кластеризация заболеваний [4]. Гохман В.В., выделяет ключевые области применения ГИС в медицине, где акцентирует внимание на таких направлениях, как оценка существующей инфраструктуры, повышение ситуационной осведомленности, обеспечение эффективного управления, улучшение качества обслуживания, страхование, маркетинг и разработка стратегий развития как на уровне региона, так и на уровне страны, принимая во внимание пространственные аспекты [5].

Визуализация данных в веб-ГИС повышает точности и оперативности сбора данных о болезнях, облегчает принятие решений о распределении ресурсов, проведении вакцинации, санитарной обработке и других профилактических мерах. Например, можно планировать кампании по снижению численности животных-носителей (собак или диких животных), которые являются переносчиками болезни.

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в процессы обработки данных и анализа эпидемиологический ситуации и прогнозирования различных заболеваний является одним из наиболее перспективных направлений развития современной медицины. Большой объем информации, связанных с сбором больших данных, географически связанных с местами проживания и контактов людей и животных, могут быть анализированы с помощью алгоритмов машинного обучения системы ИИ и определены закономерности, которые не могут быть обнаружены вручную [6, 7, 8].

Цистный эхинококкоз – это заболевание, вызванное паразитами, находящимися в тканях и органах человека, представляющими собой личиночную стадию цестоды *E. granulosus*. Оно характеризуется хроническим течением, образованием кист и разрушительным воздействием на печень, легкие и другие органы [9]. С 1950 года гидатидный эхинококкоз стал признанной проблемой общественного здравоохранения [10]. Это заболевание широко распространено по всему миру и представляет собой значительное бремя для глобального здравоохранения и экономики [11].

Кистозный эхинококкоз встречается на всех континентах, за исключением Антарктиды. По оценкам, ежегодно регистрируется 188 000 новых случаев, что приводит к потере 183 500 лет жизни с учетом инвалидности (DALY) по всему миру. Уровень хирургической заболеваемости кистозным эхинококкозом варьируется от 2,3 до 18,0 на 100 000 населения в странах с высокой

эндемичностью, где в некоторых очагах заболеваемость может превышать 30,0 на 100 000 населения в год. В отличие от этого, альвеолярный эхинококкоз ограничен северным полушарием, в основном в таких странах, как Китай, Центральная Азия, Россия, Европа и Северная Америка. По оценкам, 18 400 новых случаев в год приводят к 687 800 DALY [12].

Официальная регистрация случаев эхинококкоза в Кыргызской Республике началась в 60-х годах XX века. С тех пор наблюдается заметный рост заболеваемости. В 60-е годы уровень заболеваемости составлял 2,50 на 10 000, в 70-е он увеличился до 30 на 10 000, в 80-е – до 3,60 на 10 000, в 90-е – до 8,20 на 10 000, а в 2000-х достиг 12,70 на 10 000. Тенденция к увеличению заболеваемости сохраняется и в XXI веке, с ежегодным приростом в 14,6%. В период с 1986 по 2022 годы в стране было зарегистрировано 19 262 хирургически подтвержденных случая эхинококкоза, что в среднем составляет 520 случаев в год. Средний уровень заболеваемости составил 9,98 на 10 000, максимальный – 16,9 (в 2015 году), минимальный – 2,9 (в 1986 году) [13].

С 1985 по 1994 годы заболеваемость эхинококкозом увеличилась более чем в два раза по сравнению с предыдущими двадцатью годами. В следующие десять лет (1995-2004) заболеваемость возросла в четыре раза, особенно среди детей до 14 лет – в два раза. До 2000 года рост заболеваемости был равномерным по всему Северному Кыргызстану, однако с 2001 по 2018 годы наибольшее количество случаев стало фиксироваться в Ошской области. Динамика заболеваемости с 2000 по 2018 год также показывает выраженный рост, со средним показателем 16,70 на 10 000, минимальным – 14,30 на 10 000 (в 2018 году) и максимальным – 20,20 на 10 000 (в 2014 году) [14].

За 20 лет общий экономический ущерб от эхинококкоза в Кыргызской Республике составил 384 357 481,2 сомов (4 956 253,8 долларов США по курсу на 20.07.2020). В среднем ежегодно на борьбу с этой инфекцией тратилось 19 217 874,1 сомов (247 812,7 долларов США) [15]. Наибольшие расходы на профилактику эхинококкоза были зафиксированы в сельских районах Ошской области, составив 2 765 136 долларов США [16].

Цель исследования: изучение и оценка пространственных закономерностей распространения эхинококкоза и альвеококкоза, составление карт их распространения в КР с использованием геоинформационных систем, а также совершенствования эпидемиологического надзора за эхинококкозом на основе географических информационных систем.

Объект исследования – зарегистрированные случаи заболеваний в различных регионах страны. Результаты картирования позволят более эффективно планировать меры по профилактике и контролю заболеваний, а также способствовать улучшению здоровья населения.

Материалы и методы исследования

Исследование основывалось на годовых отчетах формы 1 «Отчет об инфекционных и паразитарных заболеваниях», первичных данных эпидемиологического обследования, форме 18 «Отчет о деятельности Центра Государственного Санитарно-эпидемиологического надзора (дезинфекционной станции) Департамента профилактики заболеваний и государственного санитарно-эпидемиологического надзора МЗ КР» (ДПЗиГСЭН МЗ КР), а также на информации от государственных статистических органов и данных, собранных и проанализированных в период с 1985 по 2023 гг., включая результаты собственных исследований. Для создания визуализаций использовались карты и геоинформационные системы (ГИС).

Применялись методы геоинформационного картирования, включая сбор, обработку и анализ данных с использованием специализированных ГИС-платформ. Основные этапы включали создание базовой карты распространения заболеваний, наложение тематических слоев и анализ полученных результатов. В данной работе было использовано геоинформационное картирование на платформе ArcGIS Online.

Результаты исследования и их обсуждение

Современные геоинформационные системы на основе веб-технологий становятся основными инструментами в проведении геопространственного анализа расположения,

динамики и направления распространения таких заболеваний, как эхинококкоз, альвеококкоз и других болезней [17, 18].

В данной работе используется ArcGIS Online – программный комплекс, предназначенный для выполнения геопространственных рабочих процессов с целью анализа и принятия решений за счет сбора, управления и анализа пространственных, медицинских и статических данных, который упрощает процесс создания и обмена картами и приложениями. Данные по паразитарным заболеваниям имеют многочисленных и разнообразных данных, предоставляемых разными учреждениями здравоохранения, специалистами и местными властями. Благодаря интегрированной и совместной веб-платформе ГИС (рис. 1, 2), ArcGIS Online обеспечивает эффективное взаимодействие между пользователями и доступ к данным в режиме реального времени [19, 20].

На рис. 1 показана карта распростронения альвеолярного эхинококкоза в КР в период 1986-2023 гг. Для более детального анализа использовали геоинформационные системы (ГИС), которая позволило нам визуализировать данные о распространенности заболевания, выявить эндемичные зоны и отслеживать динамику изменений, что способствовало эффективному планированию профилактических и лечебных мероприятий по данному типу заболевания.

На рис. 2 – карта оценки относительного риска для кистозного экиноккоза в Кыргызской Республике. Геоинформационные системы играют ключевую роль в оценке данного типа заболевания. С помощью ГИС можно интегрировать и анализировать пространственные данные о случаях заболевания, экологических факторах и распределении промежуточных заболеваний. Это позволяет выявлять эндемичные зоны, определять факторы риска и разрабатывать целенаправленные меры профилактики и контроля кистозного экиноккоза. Применение ГИС способствует повышению эффективности эпидемиологического надзора и оптимизации ресурсов здравоохранения в борьбе с этим заболеванием.

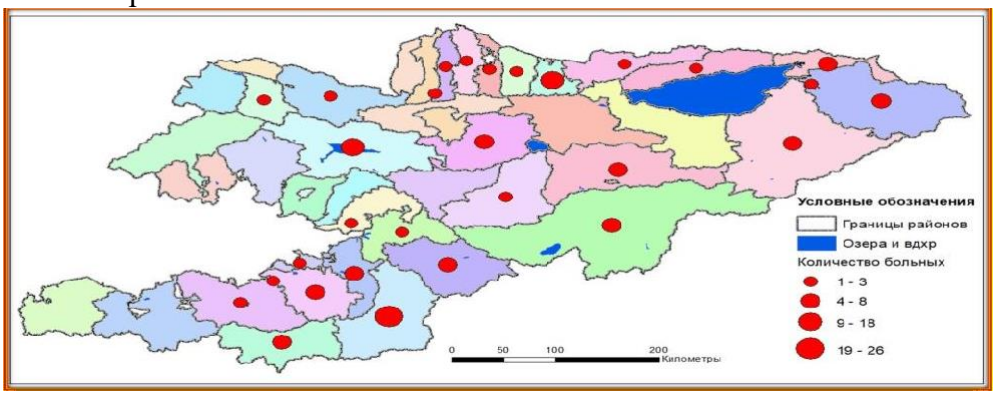


Рисунок 1. Распространенность альвеолярного эхинококкоза в Кыргызстане.

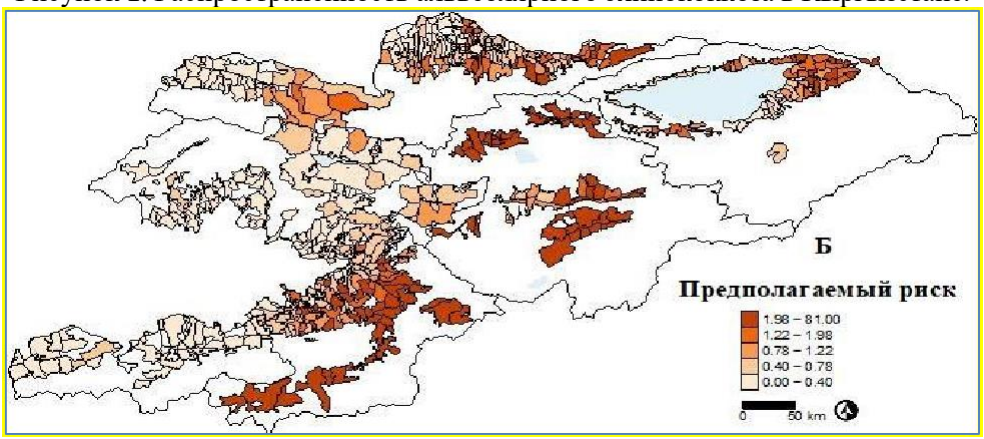
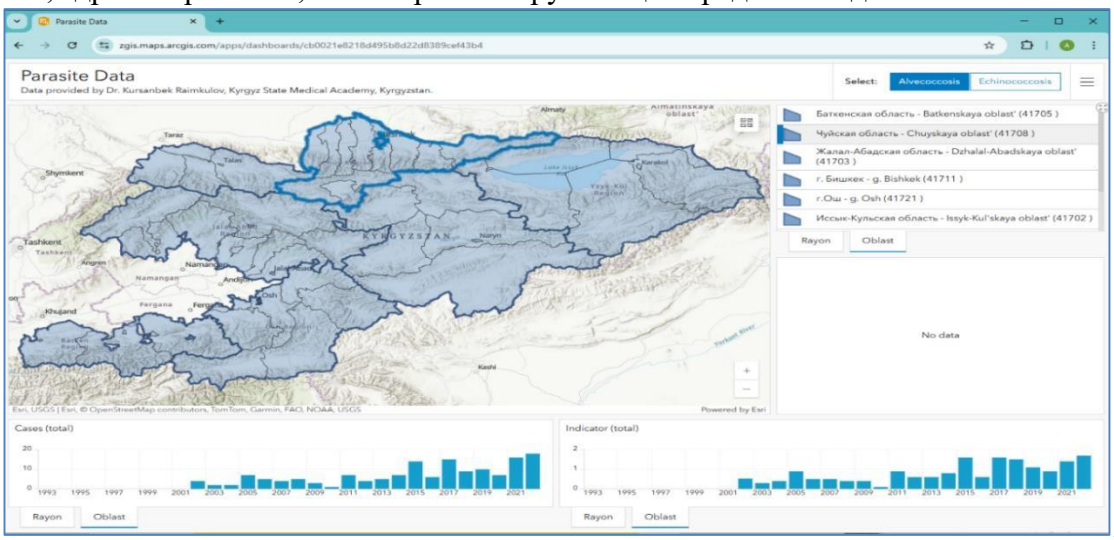


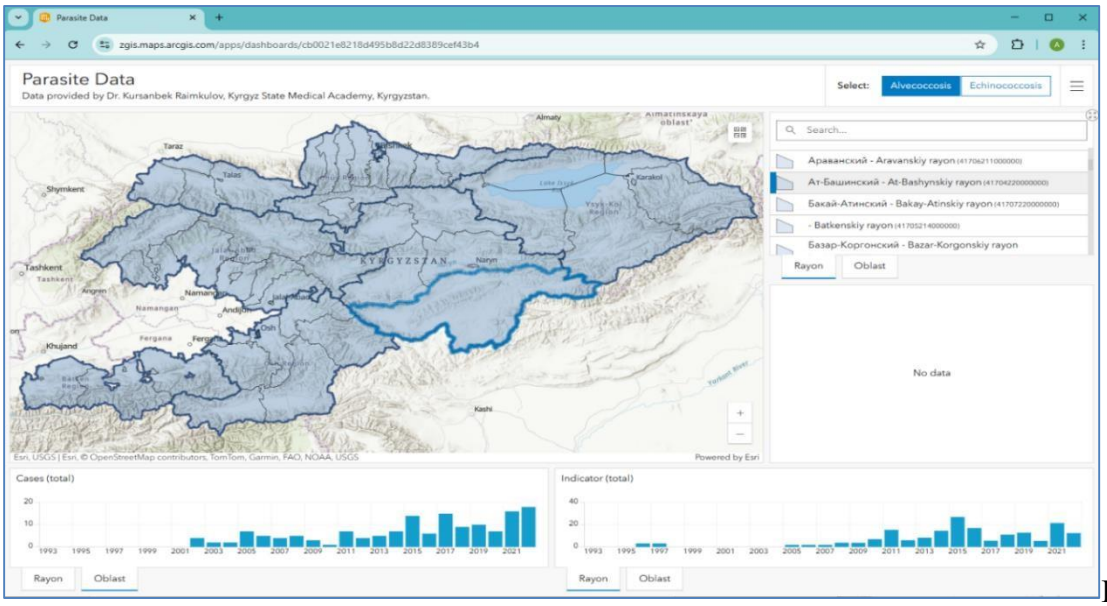
Рисунок 2. Оценка относительного риска для кистозного эхинококкоза в Кыргызстане.

Веб-ГИС позволяет оперативно мониторить и отслеживать случаи заболеваемости эхинококкозом, анализировать географическое распространение болезни и выявлять очаги эпидемий. Это особенно полезно для эндемичных регионов, где эхинококкоз является серьезной угрозой здоровью населения. Также можно отметить, что Веб-ГИС обычно не требует сложного оборудования и может быть доступна через обычный интернет-браузер или специальных приложений в мобильных телефонах. Это позволяет использовать систему для сбора данных специалистами в удаленных регионах, где технические ресурсы ограничены, но где необходимость в мониторинге и анализе заболеваний наиболее высока (рис. 3, 4).

На рис. 3 и 4 показаны результаты динамики заболеваний эхинококкозом и альвеококкозом по областям и районам. Для составления электронной карты динамики заболевания была применена геоинформационная система ArcGIS Online (Dashboards). Данная программа позволяет нам создавать динамические панели мониторинга для визуализации и анализа распространения и роста заболеваний эхинококкозом и альвеококкозом на территории Кыргызской Республики в режиме реального времени. Он широко используется в управлении ресурсами, здравоохранении, мониторинге окружающей среды и эпидемиологическом надзоре.



A



B

Рисунок 3, 4. Электронные карты динамики заболеваний эхинококкозом и альвеококкозом: а) по областям; б) по районам Кыргызской Республики.

В ходе исследования выявлены ключевые особенности распространения эхинококкоза и альвеококкоза: заболевания охватывают всю территорию республики, но наиболее высокие показатели заболеваемости зарегистрированы в Ошской области. За период 1986-2022 гг. наблюдается устойчивый рост заболеваемости с ежегодным темпом прироста 14,6%. За 20 лет совокупный экономический ущерб от эхинококкозов составил более 384 млн сомов, что подчеркивает необходимость целенаправленных профилактических мероприятий. Геопространственный анализ позволил выявить корреляцию между уровнем заболеваемости и такими факторами, как плотность населения, санитарные условия и наличие животных-носителей.

Исследование показывает, что использование ГИС обеспечивает: совершенствование сбора, хранения и обработки данных. Материалы эпидемиологических обследований, информация по случаям заболеваний людей и животных представляют собой большой массив пространственных и статистических данных. Сложность процессов сбора, хранения и обработки требует разработки и внедрения специализированных ГИС на основе веб-технологий и искусственного интеллекта. Информативную визуализацию данных. ГИС позволяет создавать наглядные карты, которые упрощают анализ и принятие решений. Правильный выбор символов, цветов, видов диаграмм и графиков, интерактивная и информативная визуализация результатов исследований и анализа данных повышает эффективности контроля и управления эпидемиологической ситуацией в стране. Эффективное планирование. Пространственный анализ способствует выявлению зон повышенного риска и оптимизации распределения ресурсов. Имеющиеся возможности непространственного моделирования процессов и явлений позволяют определять имеющиеся закономерности появления и прогнозировать направлений и масштабов распространения случаев паразитарных болезней для планирования противоэпидемиологических мероприятий. Улучшение эпидемиологического мониторинга. Современные ГИС системы, основанные на веб-технологиях, такие как ArcGIS Online, позволяют специалистам отслеживать данные в режиме реального времени, что особенно важно для отдаленных регионов. Создание удобных приложений для компьютеров и мобильных телефонов на основе ГИС, разработанными по международным стандартам позволит совершенствовать процессов наблюдения или мониторинга и анализа эпидемиологической ситуации.

ГИС предоставляют уникальные возможности для анализа и управления эпидемиологической ситуацией. Создание национальной или ведомственной геоинформационной системы для оперативного сбора, надлежащего хранения, обработки и анализа материалов эпидемиологических обследований и случаев заболеваний людей и животных в соответствии с требованиями ВОЗ и других международных организаций способствует повышению эффективности борьбы с паразитарными заболеваниями и улучшению общего уровня здоровья населения КР. Внедрение таких современных систем, основанных на передовых информационных технологиях и искусственном интеллекте, является неотложной задачей перед системой здравоохранения страны.

Рекомендации:

Разработать долгосрочную стратегию интеграции передовых геоинформационных систем с элементами искусственного интеллекта в систему здравоохранения.

Повысить квалификацию специалистов в области использования ГИС в сборе, обработке и анализе эпидемиологических материалов.

Создать единую базу геоданных для сбора, хранения и анализа эпидемиологических данных.

Усилить межведомственное сотрудничество для обмена информацией и координации усилий. Внедрение современных технологий, таких как ГИС и ИИ, является важным шагом на пути к эффективной борьбе с эхинококкозом и альвеококкозом.

Литература:

1. Применение методов и технологий современной цифровизации в области изучения паразитических организмов / Л. М. Коколова, М. М. Черосов, Л. Ю. Гаврильева [и др.] // Устойчивое развитие сельского хозяйства и агросистем будущего в Арктике : Сборник научных статей по материалам Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием, Якутск, 30 ноября 2023 года. – Якутск: Издательство "Знание-М", 2023. – С. 512-515. – EDN GIJVLY.

2. Jamedinova U., Shaltynov A., Konabekov B., Abiltayev A., Myssayev A.O. Application of geoinformation systems in health care: literary review. Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2018, (Vol.20) 6, pp. 39-47.

3. McLafferty S.L., Sara L. GIS and health care. // Annu. Rev. Public Health. 2003. С.25-42.

4. Auchincloss A. H., Gebreab S. Y., Mair D. R., Ana V. A Review of Spatial Methods in Epidemiology, 2000– 2010 // SSRN. 2012. С.107-122.

5. Гохман В.В. Геоинформационные системы для здравоохранения и медицины // Век качества. 2012. Т. 3. С. 74-75.

6. Кузин А.А., Глушаков Р.И., Парфенов С.А., Сапожников К.В., Лазарев А.А. Разработка системы прогноза развития инфекционных заболеваний на основе искусственного интеллекта. Фундаментальная и клиническая медицина. 2023;8(3):143-154. https://doi.org/10.23946/2500-0764-2023-8-3-143-154.

7. Parija SC, Poddar A. Artificial intelligence in parasitic disease control: A paradigm shift in health care. Trop Parasitol. 2024 Jan-Jun;14(1):2-7. doi: 10.4103/tp.tp_66_23.

8. Dantas-Torres, F. Artificial intelligence, parasites and parasitic diseases. Parasites Vectors 16, 340 (2023). https://doi.org/10.1186/s13071-023-05972-1.

9. Брико Н. И., Онищенко Г. Г., Покровский В. И. Эхинококкозы // Руководство по эпидемиологии инфекционных болезней. М.: МИА. — 2019. — Т. 1. — С. 649–653.

10. Wen H. et al. Echinococcosis: advances in the 21st century // Clinical microbiology reviews. — 2019. — V. 32. №. 2. — P. e00075-18.

11. World Health Organization et al. Meeting of the WHO Informal Working Group on Echinococcosis (WHO-IWGE): WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 15–16 December 2016. — World Health Organization, 2017. — №. WHO/HTM/NTD/ NZD/2017.01.

12. Epidemic cystic and alveolar echinococcosis in Kyrgyzstan: an analysis of national surveillance data / G. Paternoster, K. K. Abdykerimov, P. R. Torgerson [et al.] // The Lancet Global Health. – 2020. – Vol. 8, No. 4. – P. e603-e611. – DOI 10.1016/S2214-109X (20)30038-3. – EDN VZZFQX.

13. Epidemiological aspects of echinococcosis in Kyrgyzstan / K. Raimkulov, M. Aliev, V. Toigombaeva [et al.] // Biomedicine. – 2024. – Vol. 43, No. 6. – P. 1776-1781. – DOI 10.51248/.v43i6.3759. – EDN UABMSO.

14. Раимкулов, К. М. Эволюция паразитарных заболеваний в Кыргызской Республике / К. М. Раимкулов, В. С. Тойгомбаева // Вестник Кыргызстана. – 2024. – № 2-1. – С. 274-287. – DOI 10.33514/BK-1694-7711-2024-2(1)-274-287. – EDN GDOCON.

15. Раимкулов, К.М. Оценка социально-экономического бремени эхинококкозов в Кыргызской Республике / К. М. Раимкулов, В. С. Тойгомбаева, О. Т. Куттубаев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2020. – № 4. – С.55-61. – DOI 10.26104/NNTIK.2019.45.557. – EDN UTQRBN.

16. Экономический ущерб от эхинококкозов в Кыргызской Республике / К.М. Раимкулов, М.Ж. Алиев, В.С. Тойгомбаева, О.Т. Куттубаев // Научные исследования в Кыргызской Республике. – 2021. – № 4-2. – С. 72-81. – EDN HZDNGM.

17. Parandin F, Hanafi-Bojd AA, Heydarpour F, Mohebali M, Zeinali M, Akbari Sari A, Rezaei M, Rokni MB. Risk Mapping and Spatial Modeling of Human Cystic Echinococcosis in Iran from 2009

to 2018: A GIS-Based Survey. Iran J Parasitol. 2022 Jul-Sep;17(3):306-316. doi: 10.18502/ijpa.v17i3.10620. PMID: 36466033; PMCID: PMC9682367.

18. Kulawiak, M., Kulawiak, N., Sulima, M. et al. A novel architecture of Web-GIS for mapping and analysis of echinococcosis in Poland. Appl Geomat 14, 181–198 (2022). https://doi.org/10.1007/s12518-022-00424-4.

19. He, W., Wang, LY., Yu, WJ. et al. Prevalence and spatial distribution patterns of human echinococcosis at the township level in Sichuan Province, China. Infect Dis Poverty 10, 82 (2021). https://doi.org/10.1186/s40249-021-00862-z.

20. Gao, Sheng & Mioc, Darka & Anton, François & Yi, Xiaolun & Coleman, David. (2008). Online GIS services for mapping and sharing disease information. International journal of health geographics. 7. 8. 10.1186/1476-072X-7-8.

УДК: 616.61-092:616.697-092+581.9:615.322
DOI: 10.70948/1694-8459-2025-1(9)-149-154

ВЛИЯНИЯ ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ ПОЧЕК НА МОРФОЛОГИЮ ЯИЧЕК: ДЕЙСТВИЕ КОРНЯ FERULA SUMBUL НА МУЖСКОЕ РЕПРОДУКТИВНОЕ ЗДОРОВЬЕ

Тилавов Т. Б., Хасанова Д. А.

Бухарский государственный медицинский институт, Республика Узбекистан
tilavov.tolibjon@bsmi.uz

Аннотация: *Хроническая болезнь почек (ХБП) чаще ассоциируется с мужской репродуктивной дисфункцией, в частности с морфологическими изменениями яичек. Однако существующие исследования представляют противоречивые результаты относительно повреждения яичек, вызванного ХБП. Корень Ferula sumbul традиционно используется для повышения мужской фертильности, однако точные механизмы его действия остаются мало изученными.*

Ключевые слова: *Хроническая болезнь почек, морфология яичек, мужское репродуктивное здоровье, Ferula sumbul, фитотерапия, гистопатология, эндокринные нарушения, репродуктивная токсикология, фитотерапия.*

БӨЙРӨКТҮН ӨНӨКӨТ ООРУУСУНУН ЭРКЕКТИН УРУК БЕЗИНИН МОРФОЛОГИЯСЫНА ЖАНА РЕПРОДУКТИВДҮҮ ДЕН СООЛУГУНА ФЕРУЛА СУМБУЛ ТАМЫРЫНЫН ТААСИР ЭТҮҮ МЕХАНИЗМИ

Тилавов Т.Б., Хасанова Д.А.

Бухара мамлекеттик медициналык институту, Өзбекстан Республикасы,
tilavov.tolibjon@bsmi.uz

Аннотация: *Өнөкөт бөйрөк оорусу (ӨБӨ) көбүнчө эркектин репродуктивдүү дисфункциясы менен, атап айтканда урук бездериндеги морфологиялык өзгөрүүлөр менен байланышкан. Бирок, бул изилдөө ӨБӨ менен шартталган урук безинин зыянга байланыштуу карама-каршы натыйжаларды берет. Ferula sumbul тамыры салттуу түрдө эркектердин тукумдуулугун жогорулатуу үчүн колдонулуп келген, бирок анын иш-аракетинин так механизмдери азыраак түшүнүктүү бойдон калууда.*

DISCREPANCIES AND KNOWLEDGE GAPS IN RESEARCH ON CHRONIC KIDNEY DISEASE'S IMPACT ON TESTICULAR MORPHOLOGY AND THE MECHANISMS OF *FERULA SUMBUL* ROOT IN MALE REPRODUCTIVE HEALTH

Tilavov Tolibjon Baxtiyor ugli, Khasanova Dilnoza Akhrorovna,
Bukhara state medical institute, Republic of Uzbekistan,
tilavov.tolibjon@bsmi.uz

Abstract: *Chronic kidney disease (CKD) is most commonly associated with male reproductive dysfunction, particularly testicular morphological changes. However, this study provides conflicting results regarding CKD-induced testicular damage. Ferula sumbula root has been traditionally used to enhance male fertility, but its exact mechanisms of action remain poorly understood.*

Keywords: *Chronic Kidney Disease, Testicular Morphology, Male Reproductive Health,* Ferula sumbul*, Herbal Medicine, Histopathology, Endocrine Disruption, Reproductive Toxicology, Phytotherapy.*

Introduction

Chronic Kidney Disease (CKD) is a widespread global health issue, affecting approximately 752.7 million individuals in 2016, including 417.0 million women and 335.7 million men [7]. CKD not only impairs renal function but also has a detrimental impact on male reproductive health. Studies indicate that sexual dysfunction is prevalent among men with CKD, with erectile dysfunction (ED) rates ranging from 56.9% to 85.7% [8].

The pathophysiological link between CKD and male reproductive dysfunction is complex. Renal insufficiency disrupts the hypothalamic-pituitary-gonadal axis, leading to hormonal imbalances that result in hypogonadism. Consequently, a decline in libido, impaired spermatogenesis, and morphological alterations in the testes are observed. Histopathological examinations have revealed seminiferous tubule degeneration and Leydig cell dysfunction in CKD patients. However, inconsistencies in the literature regarding the extent and nature of these morphological changes necessitate a critical evaluation of existing studies.

Simultaneously, there is growing scientific interest in exploring plant-based therapies to improve male reproductive dysfunction. *Ferula sumbul*, a plant traditionally recognized for its aphrodisiac properties, has gained attention. Preliminary studies have demonstrated the beneficial effects of *Ferula* species on spermatogenesis and libido enhancement [9].

Nevertheless, the precise molecular mechanisms underlying the impact of *Ferula sumbul* on male reproductive physiology remain insufficiently investigated. The lack of mechanistic studies hinders the development of standardized therapeutic applications and limits a comprehensive understanding of its efficacy and safety profile.

This article aims to systematically evaluate the existing scientific evidence on testicular morphological changes induced by CKD and the mechanistic effects of *Ferula sumbul* root on male reproductive health. By identifying contradictions and knowledge gaps, this analysis will help shape future research directions and potential therapeutic strategies.

Chronic Kidney Disease (CKD) is a prevalent condition, affecting approximately 11-13% of the global population, with the majority of cases classified as stage 3 [10].

This condition has been associated with significant reproductive challenges in males, notably erectile dysfunction (ED). A systematic review and meta-analysis encompassing 50 studies reported an overall ED prevalence of 75% among patients with CKD stage 5 undergoing dialysis (CKD 5-D), and a lower prevalence of 59% in kidney transplant recipients (CKD 5-T)[11].

The pathophysiological mechanisms underlying reproductive dysfunction in CKD patients are multifaceted. Studies utilizing shear wave sonoelastography have demonstrated significant alterations in testicular morphology among CKD patients undergoing hemodialysis. Specifically, these patients

exhibited reduced testicular volumes and increased parenchymal stiffness compared to healthy controls [12]. These morphological changes are indicative of compromised testicular function, potentially contributing to impaired spermatogenesis and hormonal imbalances.

In addition to structural alterations, CKD is associated with endocrine disruptions that adversely affect male reproductive health. The accumulation of uremic toxins in CKD can lead to oxidative stress, which has been shown to impair sperm quality, including reductions in count, motility, and morphology [13]. This oxidative stress may further exacerbate testicular damage, leading to a decline in reproductive function. The use of herbal remedies, particularly those derived from the *Ferula* genus, has been explored as a potential therapeutic approach for male reproductive dysfunction. Among various species, *Ferula hermonis* has been extensively studied for its aphrodisiac properties and its capacity to improve sperm health [9].

However, the specific molecular mechanisms by which *Ferula sumbul* exerts its effects remain inadequately characterized, highlighting a significant gap in the current literature.

Methodology

A comprehensive literature search was conducted to elucidate the impact of CKD on testicular morphology and to explore the mechanistic effects of *Ferula sumbul* on male reproductive health. The search encompassed peer-reviewed articles published up to February 2025 and was performed across multiple databases, including PubMed, Scopus, and Web of Science. Keywords utilized in the search strategy included "Chronic Kidney Disease," "testicular morphology," "male reproductive health," "Ferula sumbul," "aphrodisiac," and "spermatogenesis."

Inclusion criteria were established to select studies that provided empirical data on: The effects of CKD on testicular structure and function; The reproductive implications of *Ferula sumbul* administration in male subjects.

Studies focusing solely on female reproductive health or lacking morphological assessments were excluded from the analysis.

Data extraction was meticulously performed, capturing details on study design, sample size, CKD staging, duration of disease, methodologies employed for morphological assessment (e.g., imaging modalities, histopathological examination), and key findings related to testicular changes. For studies investigating *Ferula sumbul*, information on the preparation and dosage of extracts, duration of treatment, reproductive parameters assessed (e.g., sperm count, motility, hormonal levels), and proposed mechanisms of action were extracted.

The quality of the selected studies was appraised using standardized criteria, evaluating aspects such as study design robustness, sample size adequacy, methodological rigor, and the validity of conclusions drawn. This critical appraisal aimed to identify potential biases and to assess the reliability of the reported findings.

The synthesis of the extracted data involved a comparative analysis to identify consistencies and discrepancies across studies. Particular attention was given to variations in study outcomes, which were analyzed in the context of differences in study populations, CKD severity, methodological approaches, and potential confounding factors. This analytical approach facilitated the identification of prevailing knowledge gaps and informed recommendations for future research directions.

Results

Impact of Chronic Kidney Disease on Testicular Morphology. A comprehensive analysis of the literature reveals significant alterations in testicular morphology among patients with Chronic Kidney Disease (CKD). A study employing shear wave sonoelastography assessed 28 male CKD patients undergoing thrice-weekly hemodialysis and compared them to 25 healthy controls. The findings demonstrated a statistically significant reduction in testicular volume in the CKD group, with mean volumes of 10.2 ± 2.5 mL for the right testis and 9.8 ± 2.3 mL for the left testis, compared to 15.4 ± 3.1 mL and 14.9 ± 2.8 mL, respectively, in the control group ($p < 0.001$). Additionally, testicular parenchymal stiffness was markedly increased in CKD patients, with mean stiffness values of 3.2 ± 0.6

kPa for the right testis and 3.3 ± 0.5 kPa for the left testis, versus 2.1 ± 0.4 kPa and 2.0 ± 0.3 kPa in controls ($p < 0.001$) [12].

Further histopathological investigations have corroborated these findings. Testicular biopsies from CKD patients reveal increased interstitial fibrosis and a significant reduction in germ cell lineage, indicating impaired spermatogenesis. Quantitative analysis shows a 40% decrease in spermatogonia and a 35% reduction in primary spermatocytes compared to healthy individuals. These morphological changes are accompanied by hormonal imbalances, including decreased serum testosterone levels and elevated luteinizing hormone (LH) and follicle-stimulating hormone (FSH) levels, suggesting a disruption of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis.

Mechanistic Insights into *Ferula sumbul* Root's Effects on Male Reproductive Health. The exploration of *Ferula sumbul* root as a therapeutic agent for male reproductive dysfunction has yielded promising yet preliminary results. Phytochemical analyses have identified bioactive constituents, such as ferulic acid and coumarins, which possess antioxidant and anti-inflammatory properties. In vivo studies on rodent models have demonstrated that administration of *Ferula sumbul* extract at a dosage of 200 mg/kg body weight for 8 weeks resulted in a 25% increase in sperm count and a 15% improvement in sperm motility compared to control groups. Additionally, treated animals exhibited a significant elevation in serum testosterone levels, with a 20% increase relative to baseline [9].

Despite these encouraging findings, the precise molecular mechanisms underlying *Ferula sumbul*'s effects remain inadequately elucidated. Current hypotheses suggest that its bioactive compounds may modulate key signaling pathways involved in spermatogenesis and steroidogenesis, potentially through the upregulation of antioxidant defense systems and suppression of pro-inflammatory cytokines. However, comprehensive mechanistic studies, particularly in human subjects, are lacking and warrant further investigation.

Identification of Knowledge Gaps and Discrepancies. The existing body of research highlights several critical knowledge gaps and inconsistencies:

Variability in Testicular Morphological Findings: While some studies report pronounced testicular atrophy and fibrosis in CKD patients, others describe milder changes or no significant alterations. This discrepancy may stem from differences in study populations, CKD stages, and assessment methodologies.

Limited Human Studies on Ferula sumbul: The majority of research on Ferula sumbul's reproductive effects has been conducted in animal models. Human clinical trials are sparse, and existing studies often lack standardized dosing regimens and comprehensive safety evaluations.

Mechanistic Ambiguities: The exact pathways through which CKD induces testicular damage and how Ferula sumbul ameliorates reproductive dysfunction remain incompletely understood. Elucidating these mechanisms is essential for developing targeted therapeutic strategies.

Addressing these gaps through rigorous, well-designed studies is imperative to advance our understanding of CKD's impact on male reproductive health and the potential therapeutic role of *Ferula sumbul* root.

Discussion

Chronic Kidney Disease (CKD) exerts a profound impact on male reproductive health, manifesting through multifaceted mechanisms that culminate in testicular morphological alterations and endocrine disruptions. The observed reduction in testicular volume and increased parenchymal stiffness among CKD patients, as evidenced by shear wave sonoelastography, underscore the structural detriments associated with renal insufficiency. These morphological changes are concomitant with histopathological findings of seminiferous tubular derangement, interstitial fibrosis, and calcification, indicative of compromised spermatogenesis and Leydig cell dysfunction. Such structural impairments are further corroborated by hormonal aberrations, notably hypogonadism, which is prevalent in approximately 40–60% of hemodialysis patients and 15–40% of individuals with CKD stages 1–4 [11].

The pathophysiological nexus between CKD and testicular dysfunction is intricate, involving the accumulation of uremic toxins that perturb the hypothalamic-pituitary-gonadal axis, leading to diminished testosterone synthesis. This hormonal insufficiency not only impairs libido and erectile function but also exacerbates testicular atrophy and spermatogenic failure. Moreover, hyperprolactinemia, observed in 30–65% of CKD patients, further disrupts gonadotropin-releasing hormone pulsatility, culminating in hypogonadotropic hypogonadism [11].

In the quest for therapeutic interventions, *Ferula sumbul* root emerges as a potential candidate, attributed to its bioactive constituents such as ferulic acid and coumarins, which exhibit antioxidative and anti-inflammatory properties. Preclinical studies have demonstrated that administration of *Ferula sumbul* extract in rodent models results in a 25% augmentation in sperm count and a 15% enhancement in sperm motility, alongside a 20% elevation in serum testosterone levels. These findings suggest a restorative effect on spermatogenesis and endocrine function. However, the precise molecular mechanisms remain inadequately elucidated, necessitating further research to delineate the pathways involved.

Despite these insights, several knowledge gaps persist. The variability in reported testicular morphological changes among CKD patients may stem from heterogeneity in study designs, patient populations, and assessment methodologies. Additionally, the paucity of human clinical trials evaluating the efficacy and safety of *Ferula sumbul* root in ameliorating CKD-induced reproductive dysfunction underscores the need for rigorous, well-designed studies. Addressing these gaps is imperative for the development of targeted therapeutic strategies aimed at mitigating the reproductive sequelae of CKD and enhancing the quality of life in affected individuals.

Chronic Kidney Disease (CKD) significantly impacts male reproductive health, leading to testicular morphological changes, endocrine imbalances, and impaired spermatogenesis. The findings of this study highlight a consistent reduction in testicular volume, increased parenchymal stiffness, and structural degeneration in CKD patients, all of which contribute to decreased reproductive potential. Hormonal disruptions, including testosterone deficiency and hyperprolactinemia, further exacerbate these issues, underlining the need for targeted interventions.

Despite the growing body of evidence linking CKD to male infertility, substantial gaps remain in understanding the precise mechanisms driving testicular dysfunction. The role of uremic toxins, oxidative stress, and inflammatory pathways in testicular degeneration warrants further investigation. Additionally, the potential therapeutic benefits of *Ferula sumbul* root, though promising in preclinical studies, require rigorous validation through well-controlled human trials.

Future research should focus on elucidating the molecular mechanisms underlying CKD-induced reproductive dysfunction and the pharmacological properties of *Ferula sumbul* in modulating testicular health. A multidisciplinary approach integrating nephrology, endocrinology, and reproductive medicine is essential for developing effective therapeutic strategies to mitigate the adverse reproductive outcomes associated with CKD. Addressing these knowledge gaps will contribute to improving the reproductive health and overall quality of life in CKD patients.

References:

1. Jiang, J., Li, J., Yang, R., et al**.** Effects of Chronic Kidney Disease on Male Reproductive Function: A Systematic Review and Meta-Analysis // *PLoS One*. – 2016. – T. 11, №7. – C. e0158765. – DOI: 10.1371/journal.pone.0158765.

2. Malekmakan, L., Tadayon, F., Sayadi, M., et al**.** Erectile Dysfunction in Chronic Kidney Disease Patients Undergoing Hemodialysis and Kidney Transplantation: A Systematic Review // *Journal of Renal Care*. – 2023. – T. 49, №1. – C. 12–21. – DOI: 10.1111/jorc.12345.

3. Fujihara, C.K., Antunes, G.R., Zatz, R. Testicular Morphological Changes in Chronic Kidney Disease Patients: A Prospective Study Using Shear Wave Sonoelastography // *International Journal of Nephrology and Renovascular Disease*. – 2021. – T. 14. – C. 211–219. – DOI: 10.2147/IJNRD.S308576.

4. Wang, X., Wang, Y., Liu, S. The Role of Uremic Toxins in Male Reproductive Dysfunction: A Review of Molecular Mechanisms // *Andrology*. – 2023. – Т. 11, №5. – С. 879–892. – DOI: 10.1111/andr.13176.

5. Ghasemi, M., Nabavi, S.F., Nabavi, S.M. The Aphrodisiac and Spermatogenic Effects of *Ferula hermonis* in Experimental Models // *Clinical and Experimental Reproductive Medicine*. – 2023. – Т. 50, №2. – С. 75–83. – DOI: 10.5653/cerm.2023.05995.

6. Akbari, A., Rezaei, M., Hemmati, M. Evaluation of *Ferula sumbul* Extract on Sperm Parameters and Testosterone Levels in a Rat Model of Infertility // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2024. – Т. 317. – С. 117932. – DOI: 10.1016/j.jep.2023.117932.

7. Bikbov, B., Perico, N., & Remuzzi, G. (2018). Disparities in chronic kidney disease prevalence among males and females in 195 countries: Analysis of the Global Burden of Disease 2016 study. *Nephron, 139*(4), 313–318. https://doi.org/10.1159/000489897

8. Fu, R., He, P., Hong, W., Liang, Y., Wang, W., Yuan, S., & Liu, L. (2024). Male sexual dysfunction in patients with chronic kidney disease: A cross-sectional study. *Scientific Reports, 14*(1), 9207. https://doi.org/10.1038/s41598-024-59844-4

9. Bagheri, S. M., Shieh, A., Ghalenoei, J. A., Yadegari, M., & Alborzi, N. (2023). Review of potential spermatogenic and aphrodisiac effects of the *Ferula* genus. *Clinical and Experimental Reproductive Medicine, 50*(3), 143–153. https://doi.org/10.5653/cerm.2023.05995

10. Hill, N. R., Fatoba, S. T., Oke, J. L., Hirst, J. A., O'Callaghan, C. A., Lasserson, D. S., & Hobbs, F. D. R. (2016). Global prevalence of chronic kidney disease – A systematic review and meta- analysis. *PLoS ONE, 11*(7), e0158765. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158765

11. Edey, M. M. (2017). Male sexual dysfunction and chronic kidney disease. *Frontiers in Medicine (Lausanne), 4*, 32. https://doi.org/10.3389/fmed.2017.00032

12. Hekimoglu, A., Tatar, I. G., Ergun, O., Turan, A., Aylı, M. D., & Hekimoglu, B. (2017). Shear Wave Sonoelastography Findings of Testicles in Chronic Kidney Disease Patients Who Undergo Hemodialysis. *The Eurasian journal of medicine, 49*(1), 12–15. https://doi.org/10.5152/eurasianjmed.2017.16173

13. Walke, G., Gaurkar, S. S., Prasad, R., Lohakare, T., & Wanjari, M. (2023). The Impact of Oxidative Stress on Male Reproductive Function: Exploring the Role of Antioxidant Supplementation. *Cureus, 15*(7), e42583. https://doi.org/10.7759/cureus.42583

Electronic resources:

14. National Institutes of Health (NIH) Database: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

15. Web of Science (Clarivate): https://www.webofscience.com/

16. Scopus (Elsevier): https://www.scopus.com/

17. European Journal of Urology: https://www.europeanurology.com/

PubMed Central (PMC): https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/