



Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Каменских Д.М.

Гигиенические аспекты воздействия химических и физических факторов среды обитания на репродуктивное здоровье мужчин фертильного возраста (обзор литературы)

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь, Россия

РЕЗЮМЕ

Снижение фертильности у мужчин репродуктивного возраста в силу многоэтапности, длительности и повышенной уязвимости сперматогенеза к действию факторов среды обитания, в первую очередь химических и физических, относится к актуальным проблемам гигиены и профилактической медицины. Для определения ключевых направлений развития и совершенствования методов решения данной научной задачи необходима систематизация знаний и изучение закономерностей и особенностей действия факторов на репродуктивный потенциал.

В настоящем обзоре отражены гигиенические аспекты воздействия химических и физических факторов на репродуктивное здоровье мужчин, представленные в научной практике за последние 25 лет. Предметом настоящего обзора были материалы отечественных и международных наукометрических баз данных (eLIBRARY, PubMed, Google Scholar, Web of Science, Scopus), научных обществ и ассоциаций Российской Федерации, содержащие сведения об особенностях действия химических и физических факторов среды обитания на репродуктивное здоровье мужчин (160 публикаций). К настоящему времени установлено прямое и косвенное воздействие химических и физических факторов на мужское репродуктивное здоровье. Негативные последствия заключаются в морфологических, функциональных нарушениях репродуктивной системы или опосредованной индукции каскада окислительных, воспалительных и других реакций в организме, патогенетические механизмы которых могут нарушать репродуктивную функцию на различных уровнях её регуляции через эндокринную, иммунную, нервную, сердечно-сосудистую системы. Также установлено влияние на фертильность не только химических и физических факторов, их сочетанного воздействия, но и образа жизни, вредных привычек, инфекционных и хронических болезней. Это усложняет процесс обоснования истинного детерминанта. Систематизация закономерностей и выделение особенностей прямого и опосредованного влияния факторов среды обитания, в первую очередь химических и физических, на репродуктивное здоровье дают возможность детально изучить патогенетические механизмы воздействия, повысить эффективность ранней диагностики и адресной коррекции выявленных нарушений мужской фертильности. Это является критически важным для сохранения и укрепления репродуктивного здоровья населения и обеспечения устойчивого демографического развития государства.

Ключевые слова: репродуктивное здоровье; мужское население; химические вещества; физические факторы; прямое и опосредованное воздействие; обзор

Для цитирования: Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Каменских Д.М. Гигиенические аспекты воздействия химических и физических факторов среды обитания на репродуктивное здоровье мужчин фертильного возраста (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2025; 104(10): 1296–1301. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-10-1296-1301> <https://elibrary.ru/jgxrkv>

Для корреспонденции: Землянова Марина Александровна, e-mail: zem@fcrisk.ru

Участие авторов: Землянова М.А. — дизайн исследования, редактирование; Кольдибекова Ю.В., Каменских Д.М. — сбор и анализ литературных данных, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 22.09.2025 / Принята к печати: 15.10.2025 / Опубликовано: 14.11.2025

Marina A. Zemlyanova, Juliya V. Koldibekova, Daria M. Kamenskikh

Hygienic aspects of the exposure to chemical and physical environmental factors on reproductive health in men of fertile age (literature review)

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

ABSTRACT

Reduced fertility in men of reproductive age due to the multi-stage nature, duration, and increased vulnerability of spermatogenesis to effects of environmental factors, primarily chemical and physical ones, is a pressing problem of hygiene and preventive medicine. To identify key areas of development and improvement of the methodology for solving this scientific problem, first of all, it is necessary to systematize knowledge in the field of studying patterns and characteristics of effects produced by environmental exposures on reproductive potential.

In this review there are reflected hygienic aspects of effects produced by chemical and physical factors on reproductive health in men, which have been presented in scientific practice over the last twenty five years. The subject of this review was materials found in Russian and international scientometric databases (eLIBRARY, PubMed, Google Scholar, Web of Science, Scopus) and scientific societies and associations of the Russian Federation containing information on peculiar effects produced by chemical and physical environmental factors on reproductive health (160 reports).

By now, direct and indirect effects produced by chemical and physical factors on male reproductive health have been established, characterized by morphological and functional disorders of the reproductive system itself or indirect induction of a cascade of oxidative, inflammatory, and other in the body, the pathogenetic mechanisms of which can disrupt the reproductive function at various levels of its regulation through the endocrine, immune, nervous, cardiovascular, and other systems. Despite the existing general scientific achievements in this research area, difficulties and limitations have been identified as regards effects on fertility produced not only by chemical and physical factors or their combined effects but also lifestyle, bad habits, infectious and chronic diseases. This complicates the process of substantiating the true determinant. Systematization of patterns and identification of peculiar direct and indirect influence of environmental factors, primarily chemical and physical ones, on reproductive health provides a more detailed insight into pathogenetic mechanisms of their impact and allows increasing effectiveness of early diagnosis and targeted correction of identified male fertility disorders. This is critically important for maintaining and strengthening reproductive health of the country's population and ensuring sustainable demographic development of the state.

Keywords: reproductive health; men; chemicals; physical factors; review

For citation: Zemlyanova M.A., Koldibekova J.V., Kamenskikh D.M. Hygienic aspects of the exposure to chemical and physical environmental factors on reproductive health in men of fertile age (literature review). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(10): 1296–1301. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-10-1296-1301> <https://elibrary.ru/jgxrkv> (In Russ.)

For correspondence: Marina A. Zemlyanova, e-mail: zem@fcrisk.ru

Contribution: Zemlyanova M.A. — study design and editing the text; Koldibekova J.V. — data collection and analysis, writing the text; Kamenskikh D.M. — data collection and analysis, writing the text. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: September 21, 2025 / Accepted: October 15, 2025 / Published: November 14, 2025

Сохранение и укрепление репродуктивного здоровья населения является важным аспектом национальной безопасности, устойчивого развития и демографической политики государства, что отражено в документах стратегического планирования Российской Федерации^{1,2}. Репродуктивное здоровье — основа рождаемости и воспроизводства населения, роста и поддержания его численности, что напрямую влияет на экономическую, социальную и оборонную деятельность государства [1].

Актуальность изучения действия химических и физических факторов среды обитания на репродуктивную систему мужчин фертильного возраста обусловлена несколькими важными причинами. Так, в последние десятилетия наблюдается тенденция к снижению уровня рождаемости в различных странах (за период с 2015 по 2024 г.³ он снизился из расчёта на 1000 человек в Российской Федерации в 1,5 раза, в США и странах Евросоюза — в 1,2 раза). Одной из причин может быть увеличение числа пар фертильного возраста, имеющих проблемы репродуктивного здоровья. Основной фокус в вопросах репродукции до настоящего времени смещался в сторону здоровья женщины, поскольку именно она вынашивает и рождает ребёнка, и её жизненный репродуктивный цикл имеет чёткие этапы и внешние проявления, что существенно облегчает его изучение и мониторинг [2, 3]. Однако исследования последних лет показали, что в 40–60% случаев отсутствие детей в семье связано с мужским бесплодием [4–6]. Это может быть обусловлено ростом андрологических расстройств, морфологических нарушений, врождённых или приобретённых аномалий мужской репродуктивной системы, а также действием химических и физических факторов среды обитания, в том числе производственных. Современные исследования подтверждают, что многие химические вещества, используемые в промышленности и сельском хозяйстве, обладают рядом с общетоксическим действием высокой репротоксичностью⁴ [7]. Кроме того, физические факторы (вибрация, шум, температура и электромагнитные излучения) также оказывают значительное влияние на репродуктивную систему [8]. Сперматогенез, будучи многоэтапным и длительным процессом, характеризуется повышенной уязвимостью к воздействию перечисленных факторов. С учётом выраженной экспозиции химическими и физическими факторами в условиях бытовой и профессиональной деятельности целесообразно изучение закономерностей и особенностей их влияния на репродуктивный потенциал мужчин фертильного возраста.

Подходы к изучению причин снижения фертильности у мужчин претерпевали изменения, связанные с развитием научных методов и достижений в области анатомии, токсикологии, эпидемиологии, генетики, оценки риска, а также изменением представлений о роли воздействующих факторов, появлением новых знаний и диагностических направлений (метабомика, протеомика) [9–12]. Следует подчеркнуть, что изучение влияния химических и физических факторов среды обитания на состояние репродуктивного здоровья мужчин является важной научной задачей гигиены и профилактической медицины. Её решение имеет существенное значение не только для повышения эффективности мониторинга репродуктивного благополучия населения в целом, но и для разработки мероприятий, направленных на раннюю диагностику и профилактику нарушений мужского репродуктивного здоровья. Для выделения ключевых направлений развития и совершенствования методологии

решения данной научной задачи необходима систематизация знаний об особенностях действия факторов среды обитания, особенно физических и химических, на организм мужчин.

В настоящем обзоре отражены гигиенические аспекты воздействия химических и физических факторов на репродуктивное здоровье мужчин, представленные в научных исследованиях за последние 25 лет.

Предметом настоящего обзора были материалы отечественных и международных наукометрических баз данных (eLIBRARY, PubMed, Google Scholar, Web of Science, Scopus), научных обществ и ассоциаций Российской Федерации, содержащие сведения об особенностях действия химических и физических факторов среды обитания на репродуктивное здоровье мужчин. По теме обзора найдено ≈ 160 статей. Поиск источников информации выполнялся с использованием ключевых запросов: *репродуктивное здоровье мужчин, влияние химических и физических факторов на репродуктивное здоровье мужчин, decreased male fertility, male infertility*. Критериями включения источника в обзор являлись результаты оригинальных исследований, опубликованных с 2000 по 2025 г.; предмет исследования — физические и химические факторы среды обитания; биологические модели и состояние репродуктивного здоровья мужского населения. Критерии исключения источника из обзора: изучение воздействия биологических и социальных факторов на мужскую репродуктивную систему. При написании обзора использовано 70 публикаций.

Мужская фертильность представляет собой сложный процесс, зависящий от ряда эндогенных факторов, в том числе сперматогенеза, гормонального баланса, качества и количества семенной жидкости, функционального состояния половой системы. Изменение любого из них способно привести к снижению фертильности или бесплодию. Нарушение работы мужской репродуктивной системы может быть следствием воздействия экзогенных химических и физических факторов. Изучение механизмов их влияния важно для решения задач, связанных с рождаемостью и улучшением репродуктивной функции.

Аналитический обзор релевантных данных свидетельствует о том, что изучение влияния факторов среды обитания на репродуктивную систему мужчин фертильного возраста прошло долгий путь от эмпирических наблюдений до сложных молекулярных исследований, направленных на изучение механизмов повреждающего действия. Известно, что химические вещества могут оказывать прямое и опосредованное воздействие на репродуктивное здоровье. Прямое действие подразумевает непосредственное влияние вещества на клетки, ткани и в целом на органы репродуктивной системы (яички, их придатки, семявыносящие протоки, предстательную железу). Повреждение клеток Лейдига и Сертоли, играющих ключевую роль в функционировании мужской репродуктивной системы, может привести к нарушению гормонального баланса, снижению фертильности и другим репродуктивным дисфункциям. Например, кадмий вызывает поражение мелких сосудов семенников, нарушает проницаемость оболочки семенных канальцев, что приводит к гибели клеток сперматогенного эпителия [13, 14]. Свинец, ртуть, кадмий и другие элементы, отнесённые к официально признанным в Российской Федерации репротоксикантам⁴, нарушают сперматогенез, снижая подвижность и оплодотворяющую способность половых клеток, повреждают их ДНК, изменяют пространственную конфигурацию белка и препятствуют уплотнению хроматина [15]. Длительная экспозиция хромом и бензолом может провоцировать деструкцию сперматогенного эпителия, некроз половых клеток и развитие аутоиммунных реакций в половых железах [16–18]. Хроническое воздействие марганца оказывает негативное влияние на морфологию и подвижность сперматозоидов [19, 20]. Фталаты и бисфенол А способны снижать концентрацию сперматозоидов и уровень тестостерона, нарушать сперматогенез, увеличивать риск развития врождённых дефектов

¹ Стратегия действий по реализации семейной и демографической политики, поддержке многодетности в Российской Федерации до 2036 года. Распоряжение Правительства РФ от 15 марта 2025 г. № 615-р.

² Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2022 г. № 4356-р Об утверждении Национальной стратегии действий в интересах женщин на 2023–2030 гг.

³ StateBase Доступно: <https://statbase.ru/datasets/demographics/>

⁴ Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда от 29.07.2005 г. № 2.2.755–99. Официальный интернет-портал правовой информации. 2005 г. С изм. и дополн. в ред. от 29.07.2005 г.

половых органов [21, 22]. Некоторые пестициды, например, органохлорные, органофосфатные соединения, повреждают клетки Лейдига и Сертоли, снижают качество семенной жидкости и увеличивают риск возникновения рака предстательной железы [23]. В экспериментах на лабораторных животных воздействие диоксинов приводило к возникновению аномалий сперматогенеза, атрофии семенников, предстательной железы и снижению спермопродукции [24]. Триклозан снижает подвижность сперматозоидов, увеличивает степень фрагментации их ДНК, что может повышать риск нарушения репродуктивной функции мужчин [25, 26].

Важным разделом оценки влияния химических факторов среды обитания на мужскую фертильность является изучение их способности вызывать эпигенетические изменения в клетках репродуктивной системы, то есть изменения в экспрессии генов, не связанные с нарушением последовательности ДНК. Эти модификации могут передаваться из поколения в поколение и влиять на фертильность потомства [27–29]. Например, воздействие бенз(а)пирена, ряда пестицидов (атразин, дихлордифенилтрихлорэтан и продукты его распада, винклозин, метоксихлор), а также фталатов приводит к изменениям в эпигеноме сперматозоидов, что в свою очередь влияет на репродуктивную функцию следующих поколений [30–32].

Наряду с прямым токсическим действием, выраженным морфологическими или функциональными нарушениями непосредственно репродуктивной системы, химические вещества могут оказывать опосредованное влияние. Оно проявляется в индукции каскада окислительных, воспалительных и других реакций в организме, патогенетические механизмы которых обуславливают нарушение репродуктивной функции на различных уровнях её регуляции (например, через эндокринную, иммунную, нервную, сердечно-сосудистую системы). Ключевым звеном при опосредованном действии является гипоталамо-гипофизарно-гонадная ось, ответственная за синтез и регуляцию гонадотропинов (фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов), андрогенов (в частности, тестостерона). Гонадотропные и стероидные гормоны критически важны для процессов сперматогенеза и формирования вторичных половых признаков [33]. Многие химические вещества (фталаты, бисфенол А, диоксины, ряд пестицидов, металлы, органические растворители), известные как эндокринные разрушители (дизрапторы), нарушают работу системы, имитируя, блокируя или изменяя действие гормонов [34]. Бисфенол А влияет на уровень эндогенных стероидов на этапах их синтеза, метаболизма, распределения или выведения [35]. Он может напрямую взаимодействовать со стероидными рецепторами, имитируя или блокируя действие соответствующих гормонов [36, 37]. В ходе многочисленных исследований на животных, проведённых на разных стадиях их развития, установлено, что эстрогенное воздействие бисфенола А приводит к морфологическим изменениям яичек и подавлению выработки стероидных гормонов. Эти эффекты нарушают адекватный сперматогенез [38–40]. Некоторые токсиканты (фталаты, акриламид, диоксины) обладают обезогенным эффектом, то есть способствуют развитию ожирения [41, 42]. Избыточная масса тела относится к факторам, способствующим нарушению гормонального баланса, снижению уровня тестостерона и ухудшению качества семенной жидкости, так как жировая ткань обладает высокой ароматазной активностью, превращая тестостерон в эстрогены [43, 44]. Известно, что кадмий способен накапливаться в гипоталамусе и гипофизе, снижая концентрацию пролактина, что также влияет на мужскую фертильность [45]. Щитовидная железа как важное звено эндокринной системы играет значительную роль в регуляции репродуктивной функции. Тесное функциональное взаимодействие железы с гипоталамо-гипофизарно-тестикулярной системой обусловлено наличием общих центральных регуляторных механизмов — гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси и др. [33, 46]. Некоторые репродизрапторы, такие как перхлораты и полих-

лорированные бифенилы (ПХБ), могут нарушать функцию щитовидной железы, что негативно влияет на сперматогенез и качество биологического материала [47]. Некоторые металлы и металлоиды (алюминий, медь, хром, кадмий, кобальт, железо, никель) способны вызывать окислительный стресс, нейровоспаление и повреждение гипоталамических нейронов, нарушая синтез или секрецию гонадотропин-рилизинг-гормона (ГнРГ); хлор- и фосфорорганические пестициды могут влиять на нейротрансмиттерные системы (например, дофаминергическую и серотонинергическую), моделирующие активность ГнРГ. Эти процессы вызывают гормональные нарушения, влияющие на мужскую фертильность [48, 49].

Существует несколько ключевых механизмов, объясняющих взаимосвязь болезней системы кровообращения со снижением мужской фертильности. Повреждение эндотелия сосудов при атеросклерозе или артериальной гипертензии приводит к нарушению регуляции кровотока яичек, вызывая гипоксию и нарушение метаболических процессов, необходимых для созревания сперматозоидов. Эндотелиальная дисфункция также способствует усилению воспалительных процессов и тромбообразованию в мелких сосудах яичек, что дополнительно ухудшает их функцию. Системное воспаление, связанное с болезнями системы кровообращения, может подавлять гипоталамо-гипофизарно-гонадную ось, например, снижать уровень тестостерона и изменять гормональный баланс, играющий ключевую роль в мужской фертильности [50].

Иммунная система в отношении репродуктивной функции у мужчин играет двойственную роль: она обеспечивает защиту организма от инфекций, токсинов и прочих чужеродных агентов, но при определённых условиях может сама ошибочно атаковать собственные клетки, включая половые, например, при выработке антиспермальных антител. Их присутствие сопровождается агглютинацией и иммобилизацией сперматозоидов, нарушением их взаимодействия с яйцеклеткой, активацией воспалительных цитокинов [51]. Последние стимулируют образование большого количества свободных радикалов, вызывающих окислительный стресс, который повреждает ДНК половых клеток, снижает их подвижность и жизнеспособность, что негативно сказывается на фертильности. Кроме того, хроническое воспаление в репродуктивных органах повреждает ткани яичек и семенных протоков, нарушая сперматогенез и транспорт сперматозоидов. При этом воспалительные цитокины, выделяемые иммунными клетками, могут оказывать токсическое воздействие на мужские половые клетки [52].

Изучение влияния химических факторов на репродуктивное здоровье мужчин имеет ряд ограничений опосредованно через другие органы и системы: отсутствие прямой информации о состоянии репродуктивных органов, невозможность выявления локальных патологий репродуктивной системы (варикоцеле, обструкция семявыводящих путей), вероятность получения ложноположительных или ложноотрицательных результатов. Некоторые нарушения репродуктивного здоровья могут не проявляться в изменениях других органов и систем, особенно на ранних стадиях.

На репродуктивную функцию мужчин наряду с химическими факторами воздействуют и физические: электромагнитное излучение, шум, вибрация, низкие и высокие температуры. Исследования показали, что длительное воздействие электромагнитного излучения может снижать качество спермы, уменьшать подвижность сперматозоидов, повреждать структуру их ДНК, увеличивать количество аномальных форм мужских половых клеток [53, 54], влиять на гормональный баланс, снижая уровень тестостерона [54–61].

Особое значение для мужской фертильности представляет тепловое воздействие, так как температура является критически важным фактором, влияющим на процессы сперматогенеза. В естественных условиях температура в яичках поддерживается на уровне 34–35 °С. Её повышение приводит к апоптозу клеток и снижению их числен-

ности и функциональной активности [62]. Это способствует ухудшению условий для созревания сперматозоидов и снижению их количества и качества [63]. Гипертермия вызывает окислительный стресс, который связан с повышением уровня свободных радикалов в клетках. Свободные радикалы повреждают клеточные мембраны, ДНК и другие важные молекулы, что приводит к нарушению нормальных процессов клеточного метаболизма [64]. В контексте сперматогенеза окислительный стресс негативно влияет на морфологию и подвижность сперматозоидов, их генетическую стабильность [65]. Повреждение ДНК в половых клетках может снижать фертильность и увеличивать риск генетических аномалий у потомства [66]. Стоит отметить, что повышенная температура вызывает гормональный дисбаланс гипоталамуса, что способствует снижению уровня тестостерона и ухудшению репродуктивной функции [67].

Интенсивная урбанизация, развитие инфраструктуры и транспорта, интенсификация промышленного производства увеличивают воздействие шума на население. Исследования показывают, что хроническое воздействие шума вызывает дисбаланс кортизола и тестостерона, дисфункцию семенников и нарушение сперматогенеза [68]. Кроме того, шум изменяет циркадные ритмы (режим сна и бодрствования), нарушение которых негативно влияет на гормональный баланс и ведёт к снижению фертильности [69].

Изучение действия химических и физических факторов среды обитания на репродуктивное здоровье мужчин имеет определённые сложности и ограничения. На фертильность влияют не только химический и физический факторы сре-

ды обитания, но и образ жизни (его рацион, уровень физической активности, режим сна), наличие вредных привычек (например, злоупотребление алкоголем или курение), инфекционные и неинфекционные болезни, хронические патологии. Это зачастую искажает полученные результаты, усложняет определение конкретной детерминанты и влияние истинного фактора среды обитания на репродуктивный потенциал мужского населения.

Заключение

Репродуктивная функция — одна из основных составляющих здоровья мужчины, определяющая способность к воспроизводству и оказывающая значительное влияние на общее состояние здоровья, психоэмоциональное благополучие и качество жизни. Изучение причин снижения мужской фертильности, оценка репродуктивного здоровья и воздействующих на него химических и физических факторов среды обитания — актуальные задачи гигиены и профилактической медицины. Систематизация закономерностей и выделение особенностей прямого и опосредованного влияния химических и физических факторов на репродуктивное здоровье способствуют более глубокому пониманию патогенетических механизмов их воздействия, повышают эффективность ранней диагностики и адресной коррекции выявленных нарушений мужской фертильности для сохранения и укрепления репродуктивного здоровья населения и обеспечения устойчивого демографического развития государства.

Литература

(п.п. 12–15, 19, 20, 22–24, 26, 29–32, 34, 36–39, 43, 45, 48, 49, 56–61, 63, 65, 67, 69 см. References)

- Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., Попова А.Ю., Алексеев В.Б. и др. *Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография*. М.-Пермь; 2024. <https://elibrary.ru/udtylr>
- Науэн Л.Н. Здоровье женщин репродуктивного возраста. *Социальные, культурные исследования и безопасность*. 2020; 3(3): 167–81. [https://doi.org/10.14258/ssi\(2020\)3-12](https://doi.org/10.14258/ssi(2020)3-12) <https://elibrary.ru/dxjvfw>
- Гладкая В.С., Грицинская В.Л., Медведева Н.Н. Современные тенденции репродуктивного здоровья и репродуктивного поведения женского населения в России (обзор литературы). *Мать и дитя в Кузбассе*. 2017; (1): 10–5. <https://elibrary.ru/yfuhad>
- Епанчинцева Е.А. Мужское бесплодие: кто виноват и что делать? *Наука из первых рук*. 2018; (1): 32–40. <https://elibrary.ru/xnqocd>
- Шантанова Л.Н., Осадчук Л.В., Дашиев Б.Г., Клещев М.А., Гуторова Н.В., Осадчук А.В. и др. Оценка репродуктивного здоровья у молодых мужчин Республики Бурятия. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012; (6): 44–6. <https://elibrary.ru/pjbord>
- Лычагин А.С., Малинина О.Ю. Невынашивание беременности: вклад мужского фактора и возможности его преодоления. *Проблемы репродукции*. 2017; 23(5): 106–14. <https://doi.org/10.17116/rep2017235106-114> <https://elibrary.ru/zttidp>
- Попов В.Б., Голубенцева Ю.В., Сайтгаллина М.А., Кириленко П.С., Арсеньева Е.А. Воздействие токсикантов и репродуктивные процессы *in vitro*. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2018; 20(S3): 419–31. <https://elibrary.ru/vnjtci>
- Фесенко М.А., Голованова Г.В., Мителева Т.Ю., Вуйчик П.А. Влияние вредных производственных физических факторов на репродуктивное здоровье работников-мужчин. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(8): 528–36. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-8-528-536> <https://elibrary.ru/aebgsg>
- Восканян Я.Ю., Васильева О.С. Психологические теории бесплодия: эволюция представлений. *Вестник Донецкого национального университета. Серия Д. Филология и психология*. 2025; (1): 159–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14934730>
- Литвинова Н.А., Лесникова А.И., Толочко Т.А., Шмелева А.А. Эндокринные и экзогенные факторы, влияющие на мужскую фертильность. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2021; 6(2): 124–35. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-2-124-135> <https://elibrary.ru/iltbmu>
- Галимов Ш.Н., Громенко Ю.Ю., Галимов К.Ш., Галимова Э.Ф., Болрова Е.С., Булыгин К.В. и др. Молекулярные механизмы мужского бесплодия: основные направления научного поиска. *Урология*. 2022; (4): 114–7. <https://doi.org/10.18565/urology.2022.4.114-117> <https://elibrary.ru/vbbctj>
- Долгих О.В., Дианова Д.Г., Аликина И.Н., Кривцов А.В. Влияние бензола на программированную клеточную гибель сперматозоидов. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(10): 1060–3. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1060-1063> <https://elibrary.ru/sseenj>
- Боков Д.А., Ковбык Л.В., Семёнова М.В. Влияние хрома и бензола на клетки Лейдига семенников. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013; (3): 104–6. <https://elibrary.ru/qjcgkl>
- Боков Д.А., Шевлюк Н.Н. Характеристика сперматогенеза у мышей СВА×С57В16 при комбинированном действии хрома и бензола. *Проблемы репродукции*. 2014; 20(2): 7–11. <https://elibrary.ru/sdlwuz>
- Седова А.О., Черных В.Б. Негативное влияние фталатов на мужскую репродуктивную систему и фертильность. *Андрология и генитальная хирургия*. 2023; (2): 19–30.
- Чигринцев С.В., Брюхин Г.В., Иленхо О.С. Влияние эндокринного дизраптора триклозана на качество эякулята у мужчин. *Проблемы репродукции*. 2018; 24(3): 61–6. <https://doi.org/10.17116/rep201824361> <https://elibrary.ru/usvwuc>
- Влияние перипубертатной экспозиции стойкими химическими веществами на наследуемый эпигеном сперматозоидов. *Истина*. Доступно: <https://istina.cemi-ras.ru/conferences/presentations/96829996/>
- Биомолекула. Эпигенетика: невидимый командир генома. Доступно: <https://biomolecula.ru/articles/epigenetika-nevidimiy-komandir-genoma>
- Шпаков А.О. Эндокринные и синтетические регуляторы периферических звеньев гипоталамо-гипофизарно-гонадной и тиреоидной осей. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2020; 106(6): 696–719. <https://doi.org/10.31857/S0869813920060126> <https://elibrary.ru/xpsrev>
- Чигринцев С.В., Брюхин Г.В. Влияние эндокринного дизраптора бисфенола А на функцию яичек (экспериментально-клиническое исследование). *Проблемы репродукции*. 2019; 25(3): 113–21. <https://doi.org/10.17116/rep201925031113> <https://elibrary.ru/sxxkucw>
- Чигринцев С.В., Брюхин Г.В., Завьялов С.Н. Морфофункциональное состояние репродуктивной системы самцов белых крыс при воздействии бисфенола А и триклозана. *Журнал анатомии и гистопатологии*. 2019; 8(1): 77–81. <https://elibrary.ru/zauiyx>
- Драпкина О.М., Ким О.Т. Обесогены: каким образом ожирение связано с экологической обстановкой? *Профилактическая медицина*. 2021; 24(2): 82–8. <https://doi.org/10.17116/profmed20212402182> <https://elibrary.ru/vqzllq>
- Рудаков О.Б., Рудакова Л.В. Обесогены — эндокринные дизрапторы: распространение, методы контроля. *Прикладные информационные аспекты медицины*. 2024; 27(2): 73–80. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-2-50-53>
- Мацевский Н.А. *Современное представление об ожирении*. М.: Прима Принт; 2020.
- Варламова Т.М., Соколова М.Ю. Репродуктивное здоровье женщины и недостаточность функции щитовидной железы. *Гинекология*. 2004; 6(1): 29–31. <https://elibrary.ru/rszguw>

47. Евтеева А.А., Шеремета М.С., Пигарова Е.А. Эндокринные дисрапорты в патогенезе таких социально значимых заболеваний, как сахарный диабет, злокачественные новообразования, сердечно-сосудистые заболевания, патологии репродуктивной системы. *Ожирение и метаболизм*. 2021; 18(3): 327–35. <https://doi.org/10.14341/omet12757> <https://elibrary.ru/ahf1lo>
50. Аметов А.С., Пашкова Е.Ю. Эволюция тестостеронозаместительной терапии. Новые формы – новые возможности. *Эндокринология: новости, мнения, обучение*. 2017; (2): 55–65. <https://elibrary.ru/yzmwqz>
51. Медгород. Стресс и гормоны: как хроническое напряжение влияет на эндокринную систему? Доступно: <https://medgorod-clinic.ru/stati/stress-i-gormony-kak-khronicheskoe-napryazhenie-vliyaet-na-endokrinnuyu-sistemu/>
52. Божедомов В.А., Николаева М.А., Спориш Е.А., Рохликов И.М., Липатова Н.А., Ушакова И.В. и др. Этиопатогенез аутоиммунных реакций против сперматозоидов. *Андрология и генитальная хирургия*. 2012; 13(4): 45–53. <https://elibrary.ru/pnmjz>
53. Верещако Г.Г., Чуешова Н.В., Шалатонин В.И., Сухарева Д.В. Эффекты длительного электромагнитного воздействия мобильного телефона (1745 МГц) на кровь и репродуктивную систему крыс-самцов. *Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники*. 2016; (7): 201–5. <https://elibrary.ru/zbbhmn>
54. Верещако Г.Г. Проблемы репродукции у мужчин, вызванные использованием мобильного телефона. *Проблемы репродукции*. 2014; 20(4): 73–8. <https://elibrary.ru/suljbf>
55. Верещако Г.Г., Шалатонин В.И., Горох Г.А., Чуешова Н.В., Козлов И.Г. Длительное влияние ЭМП мобильного телефона (1800 МГц) на эпидимальные сперматозоиды и уровни гормонов в сыворотке крови крыс. *Экологический вестник*. 2016; (3): 59–63.
62. Бердыш Д.С., Мирзоева Р.К. Влияние физических факторов на подвижность сперматозоидов человека. *Международный студенческий научный вестник*. 2018; (4-3): 370–3. <https://elibrary.ru/xplfud>
64. Евстратова О.Р., Харитонов А.С., Лушчик М.В. Роль процессов свободнорадикального окисления в развитии патологий. *Международный студенческий научный вестник*. 2016; (4–2): 146–7. <https://elibrary.ru/wciucp>
66. Боровец С.Ю., Егорова В.А., Гзгзян А.М., Аль-Шукри С.Х. Фрагментация ДНК сперматозоидов: клиническая значимость, причины, методы оценки и коррекции. *Урологические ведомости*. 2020; 10(2): 173–80. <https://doi.org/10.17816/uuroved102173-180> <https://elibrary.ru/krqudx>
68. Лизарев А.В. Динамика изменений гормональных показателей у работающих, подвергающихся воздействию шума. *Медицина труда и промышленная экология*. 2008; (1): 35–7. <https://elibrary.ru/khmunh>

References

1. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., Mai I.V., Shur P.Z., Popova A.Yu., Alekseev V.B., et al. *Health Risk Analysis in the Strategy of State Socio-Economic Development: A Monograph. 2nd ed. [Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya]*. Moscow-Perm'; 2024. (in Russian)
2. Natsun L.N. Women's of reproductive age health. *Sotsial'nye, kul'turnye issledovaniya i bezopasnost'*. 2020; 3(3): 167–81. [https://doi.org/10.14258/ssi\(2020\)3-12](https://doi.org/10.14258/ssi(2020)3-12) <https://elibrary.ru/dxjvlw> (in Russian)
3. Gladkaya V.S., Gritsinskaya V.L., Medvedeva N.N. The modern trends in reproductive health and reproductive behavior of the female population in Russia. *Mat' i ditya v Kuzbasse*. 2017; (1): 10–5. <https://elibrary.ru/yfuhad> (in Russian)
4. Epanchintseva E.A. Male infertility: who is to blame and what to do? *Nauka iz pervykh ruk*. 2018; (1): 32–40. <https://elibrary.ru/xnqocd> (in Russian)
5. Shantanova L.N., Osadchuk L.V., Dashiye B.G., Kleschev M.A., Gutorova N.V., Osadchuk A.V. Estimations of reproductive health in young males from Republic of Buryatia. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012; (6): 44–6. <https://elibrary.ru/pjbord> (in Russian)
6. Lychagin A.S., Malinina O.Yu. Miscarriage: the role of male factor and the methods of treatment. *Problemy reproduktcii*. 2017; 23(5): 106–14. <https://doi.org/10.17116/repro2017235106-114> <https://elibrary.ru/zttddp> (in Russian)
7. Popov V.B., Golubentseva Yu.V., Sitgalina M.A., Kirilenko P.S., Arseneva E.A. Effects of toxicants and reproductive processes in vitro. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*. 2018; 20(S3): 419–31. <https://elibrary.ru/vnjtci> (in Russian)
8. Fesenko M.A., Golovanova G.V., Miteleva T.Yu., Vujtsik P.A. The influence of harmful occupational physical factors on the male workers' reproductive health (analytical review). *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(8): 528–36. <https://doi.org/10.23946/1026-9428-2023-63-8-528-536> <https://elibrary.ru/aebsg> (in Russian)
9. Voskanyan Ya.Yu., Vasileva O.S. Psychological theories of infertility: The evolution of ideas. *Bulletin of Donetsk National University. Vestnik Donetskogo natsional'nogo universiteta. Seriya D. Filologiya i psikhologiya*. 2025; (1): 159–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14934730> (in Russian)
10. Litvinova N.A., Lesnikov A.I., Tolochko T.A., Shmelev A.A. Factors affecting male fertility: a review. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*. 2021; 6(2): 124–35. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2021-6-2-124-135> <https://elibrary.ru/ilbtmu> (in Russian)
11. Galimov S.N., Gromenko Yu.Yu., Galimov K.Sh., Galimova E.F., Bodrova E.S., Bulygin K.V., et al. Molecular mechanisms of male infertility: main directions of scientific research. *Urologiya*. 2022; (4): 114–7. <https://doi.org/10.18565/urology.2022.4.114-117> <https://elibrary.ru/vbbctj> (in Russian)
12. Gül M., Russo G.I., Kandil H., Boitrelle F., Saleh R., Chung E., et al. Male infertility: new developments, current challenges, and future directions. *World J. Mens. Health*. 2024; 42(3): 502–17. <https://doi.org/10.5534/wjmh.230232>
13. Zhu Q., Li X., Ge R.S. Toxicological effects of cadmium on mammalian testis. *Front. Genet*. 2020; 11: 527. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00527>
14. Fouad A.A., Albuali W.H., Jresat I. Simvastatin treatment ameliorates injury of rat testes induced by cadmium toxicity. *Biol. Trace Elem. Res*. 2013; 153(1–3): 269–78. <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9667-y>
15. Tatli Seven P., Iflazoglu Mutlu S., Seven I., Arkali G., Ozer Kaya S., Kanmaz O.E. Protective role of yeast beta-glucan on lead acetate-induced hepatic and reproductive toxicity in rats. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int*. 2021; 28(38): 53668–78. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14398-0>
16. Dolgikh O.V., Dianova D.G., Alkina I.N., Krivtsov A.V. The benzene impact on programmed death of sperm cell. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2021; 100(10): 1060–3. <https://doi.org/10.4770/0016-9900-2021-100-10-1060-1063> <https://elibrary.ru/seenj> (in Russian)
17. Bokov D.A., Kovbyk L.V., Semyonova M.V. Impact of chrome and benzol on testes Leydig's cells. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013; (3): 104–6. <https://elibrary.ru/qjcgkl> (in Russian)
18. Bokov D.A., Shevliuk N.N. Spermatogenesis parameters in mice cba×c57bl6 under combined action of chromium and benzen. *Problemy reproduktcii*. 2014; 20(2): 7–11. <https://elibrary.ru/sdlwuz> (in Russian)
19. Li Y., Wu J., Zhou W., Gao E. Effects of manganese on routine semen quality parameters: results from a population-based study in China. *BMC Public Health*. 2012; 12: 919. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-919>
20. Yang H., Wang J., Yang X., Wu F., Qi Z., Xu B., et al. Occupational manganese exposure, reproductive hormones, and semen quality in male workers: A cross-sectional study. *Toxicol. Ind. Health*. 2019; 35(1): 53–62. <https://doi.org/10.1177/0748233718810109>
21. Sedova A.O., Chernykh V.B. The negative impact of phthalates on male reproductive system and fertility. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya*. 2023; (2): 19–30. (in Russian)
22. Cariati F., Carbone L., Conforti A., Bagnulo F., Peluso S.R., Carotenuto C., et al. Bisphenol A – induced epigenetic changes and its effects on the male reproductive system. *Front. Endocrinol (Lausanne)*. 2020; 11: 453. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00453>
23. Lahimer M., Abou Diwan M., Montjean D., Cabry R., Bach V., Ajina M., et al. Endocrine disrupting chemicals and male fertility: from physiological to molecular effects. *Front. Public Health*. 2023; 11: 1232646. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1232646>
24. Faia W., Soukari C., Murphy D.J., Hanano A. Effects of dioxins on animal spermatogenesis: A state-of-the-art review. *Front. Reprod. Health*. 2022; 4: 1009090. <https://doi.org/10.3389/frph.2022.1009090>
25. Chigrinets S.V., Bryuhin G.V., Ilenko O.S. Environmental exposure to endocrine disruptor of triclosan and semen quality of men. *Problemy reproduktcii*. 2018; 24(3): 61–6. <https://doi.org/10.17116/repro201824361> <https://elibrary.ru/usvwuc> (in Russian)
26. Adegbola C.A., Akhigbe T.M., Adeogun A.E., Tvrdá E., Pizent A., Akhigbe R.E. A systematic review and meta-analysis of the impact of triclosan exposure on human semen quality. *Front. Toxicol*. 2024; 6: 1469340. <https://doi.org/10.3389/ftox.2024.1469340>
27. The effect of peripubertal exposure to persistent chemicals on the inherited epigenome of spermatzoa. *Truth*. Available at: <https://istina.cemi-ras.ru/conferences/presentations/96829996/> (in Russian)
28. Biomolecule. Epigenetics: the invisible commander of the genome. Available at: <https://biomolecula.ru/articles/epigenetika-nevidimyi-komandir-genoma> (in Russian)
29. Stuppia L., Franzago M., Ballerini P., Gatta V., Antonucci I. Epigenetics and male reproduction: the consequences of paternal lifestyle on fertility, embryo development, and children lifetime health. *Clin. Epigenetics*. 2015; 7: 120. <https://doi.org/10.1186/s13148-015-0155-4>
30. Brevik A., Lindeman B., Rusnakova V., Olsen A.K., Brunborg G., Duale N. Paternal benzo[a]pyrene exposure affects gene expression in the early developing mouse embryo. *Toxicol. Sci*. 2012; 129(1): 157–65. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfs187>
31. Van Cauwenbergh O., Di Serafino A., Tytgat J., Soubry A. Transgenerational epigenetic effects from male exposure to endocrine-disrupting compounds: a systematic review on research in mammals. *Clin. Epigenetics*. 2020; 12(1): 65. <https://doi.org/10.1186/s13148-020-00845-1>
32. Martini M., Froment P., Franceschini L., Pillon D., Guibert E., Cahier C., et al. Perinatal exposure to methoxychlor affects reproductive function and sexual behavior in mice. *Front. Endocrinol. (Lausanne)*. 2020; 11: 639. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00639>
33. Shpakov A.O. Endogenous and synthetic regulators of the peripheral links of the hypothalamic-pituitary-gonadal and thyroid axes. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2020; 106(6): 696–719. <https://doi.org/10.31857/S0869813920060126> <https://elibrary.ru/xpspev> (in Russian)
34. Borges E. Jr., Setti A.S., Braga D.P., Figueira Rde C., Iaconelli A. Jr. Decline in semen quality among infertile men in Brazil during the past 10 years. *Int. Braz. J. Urol*. 2015; 41(4): 757–63. <https://doi.org/10.1590/s1677-5538.1014.0186>
35. Chigrinets S.V., Bryuhin G.V. The influence of bisphenol a exposure on testicular function (experimental and clinical study). *Problemy reproduktcii*. 2019; 25(3): 113–21. <https://doi.org/10.17116/repro20192503113> <https://elibrary.ru/sxkuw> (in Russian)

Review article

36. Labohá P., Jambor T., Yawer A., Lukáč N., Sovadinová I. Molecular mechanisms of alkylphenol-mediated endocrine disruption in Leydig cells. *Toxicol. Lett.* 2016; 258: 245–6. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2016.06.1872>
37. Gaido K.W., Maness S.C., McDnnell D.P., Dehal S.S., Kupfer D., Safe S. Interaction of methoxychlor and related compounds with estrogen receptor alpha and beta, and androgen receptor: structure-activity studies. *Mol. Pharmacol.* 2000; 58(4): 852–8.
38. Rahman M.S., Kwon W.S., Karmakar P.C., Yoon S.J., Ryu B.Y., Pang M.G. Gestational exposure to bisphenol A affects the function and proteome profile of F1 spermatozoa in adult mice. *Environ. Health Perspect.* 2017; 125(2): 238–45. <https://doi.org/10.1289/ehp378>
39. Kourouma A., Peng D., Chao Q., Lopez Y.M., Changjiang L., Chengmin W., et al. Bisphenol A induced reactive oxygen species (ROS) in the liver and affect epididymal semen quality in adults Sprague-Dawley rats. *Toxicol. Environ. Health Sci.* 2014; 6(4): 103–12. <https://doi.org/10.5897/JTEHS2014.0309>
40. Chigrinets S.V., Bryukhin G.V., Zav'yalov S.N. Morphofunctional characteristics of the male reproductive system of white rats treated with bisphenol A and triclosan. *Zhurnal anatomii i gistopatologii.* 2019; 8(1): 77–81. <https://elibrary.ru/zauiyx> (in Russian)
41. Drapkina O.M., Kim O.T. Obesogens: how is obesity related to the environmental situation? *Profilakticheskaya meditsina.* 2021; 24(2): 82–8. <https://doi.org/10.17116/profmed20212402182> <https://elibrary.ru/vqzllq> (in Russian)
42. Rudakov O.B., Rudakova L.V. Desogens are endocrine disruptors: distribution, control methods. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny.* 2024; 27(2): 73–80. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-2-50-53> (in Russian)
43. Chaudhuri G.R., Das A., Kesh S.B., Bhattacharya K., Dutta S., Sengupta P., et al. Obesity and male infertility: multifaceted reproductive disruption. *Middle East Fertility Society Journal.* 2020; 27(1): 8. <https://doi.org/10.1186/s43043-022-00099-2> <https://elibrary.ru/omgmcy>
44. Matsievskii N.A. *Modern Understanding of Obesity [Sovremennoe predstavlenie ob ozhirenii]*. Moscow: Prima Print; 2020. (in Russian)
45. Lafuente A., Márquez N., Pérez-Lorenzo M., Pazo D., Esquifino A.I. Cadmium effects on hypothalamic-pituitary-testicular axis in male rats. *Exp. Biol. Med. (Maywood).* 2001; 226(6): 605–11. <https://doi.org/10.1177/153537020122600615>
46. Varlamova T.M., Sokolova M.Yu. Women's reproductive health and thyroid insufficiency. *Ginekologiya.* 2004; 6(1): 29–31. <https://elibrary.ru/rszgux> (in Russian)
47. Evteeva A.A., Sheremeta M.S., Pigarova E.A. Endocrine disruptors in the pathogenesis of socially significant diseases such as diabetes mellitus, malignant neoplasms, cardiovascular diseases, pathology of the reproductive system. *Ozhirenie i metabolism.* 2021; 18(3): 327–35. <https://doi.org/10.14341/omet12757> <https://elibrary.ru/ahfilo> (in Russian)
48. Natural Womanhood. Endocrine-disrupting chemicals: How do they affect male fertility? Available at: <https://naturalwomanhood.org/endocrine-disrupting-chemical-fertility/>
49. Singh V., Agrawal N.K., Verma R., Singh K. HPG axis: The central regulator of spermatogenesis and male fertility. *Male Infertility: Understanding, Causes and Treatment.* 2017; 25–36. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4017-7_3
50. Ametov A.S., Pashkova E.Yu. Testosterone therapy evolution. New preparations – new benefits. *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obuchenie.* 2017; (2): 55–65. <https://elibrary.ru/yzmwqz> (in Russian)
51. Medgorod. Stress and hormones: how does chronic stress affect the endocrine system? Available at: <https://medgorod-clinic.ru/stati/stress-i-gormony-kak-khronicheskoe-napryazhenie-vliyaet-na-endokrinnuyu-sistemu/> (in Russian)
52. Bozhedomov V.A., Nikolayeva M.A., Sforish E.A., Rokhlikov I.M., Lifatova N.A., Ushakova I.V., et al. Etiopathogenesis of autoimmune responses against sperm. *Andrologiya i genital'naya khirurgiya.* 2012; 13(4): 45–53. <https://elibrary.ru/pnmjaz> (in Russian)
53. Vereshchako G.G., Chueshova N.V., Shalatonin V.I., Suchareva D.V. Effects of long-term electromagnetic radiation of mobile phones (1745 MHz) on blood and reproductive system of male rats. *Doklady Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki.* 2016; (7): 201–5. <https://elibrary.ru/zbbhmn> (in Russian)
54. Vereshchako G.G. The problems of male reproduction due to the use of mobile phone. *Problemy reproduktivnoy.* 2014; 20(4): 73–8. <https://elibrary.ru/suljbf> (in Russian)
55. Vereshchako G.G., Shalatonin V.I., Gorokh G.A., Chueshova N.V., Kozlov I.G. Long-term effect of mobile phone EMF (1800 MHz) on epididymal spermatozoa and hormone levels in blood serum of rats. *Ekologicheskii vestnik.* 2016; (3): 59–63. (in Russian)
56. Gevrek F., Aydin D., Ozsoy S., Aygun H., Bicer C. Inhibition by Egb761 of the effect of cellphone radiation on the male reproductive system. *Bratisl. Lek. Listy.* 2017; 118(11): 676–83. https://doi.org/10.4149/bll_2017_128
57. Oyewopo A.O., Olaniyi S.K., Oyewopo C.I., Jimoh A.T. Radiofrequency electromagnetic radiation from cell phone causes defective testicular function in male Wistar rats. *Andrologia.* 2017; 49(10). <https://doi.org/10.1111/and.12772>
58. Shahin S., Singh S.P., Chaturvedi C.M. 1800 MHz mobile phone irradiation induced oxidative and nitrosative stress leads to p53 dependent Bax mediated testicular apoptosis in mice, *Mus musculus.* *J. Cell. Physiol.* 2018; 233(9): 7253–67. <https://doi.org/10.1002/jcp.26558>
59. Azimzadeh M., Jelodar G. Alteration of testicular regulatory and functional molecules following long-time exposure to 900 MHz RFW emitted from BTS. *Andrologia.* 2019; 51(9): e13372. <https://doi.org/10.1111/and.13372>
60. Yahyazadeh A., Altunkaynak B.Z., Kaplan S. Biochemical, immunohistochemical and morphometrical investigation of the effect of thymoquinone on the rat testis following exposure to a 900-MHz electromagnetic field. *Acta Histochem.* 2020; 122(1): 151467. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2019.151467>
61. Maluin S.M., Osman K., Jaffar F.H.F., Ibrahim S.F. Effect of radiation emitted by wireless devices on male reproductive hormones: a systematic review. *Front. Physiol.* 2021; 12: 732420. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.732420>
62. Berdysh D.S., Mirzoyev R.K. The influence of physical factors on human sperm motility. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik.* 2018; (4–3): 370–3. <https://elibrary.ru/xplfud> (in Russian)
63. Hamerezaee M., Dehghan S.F., Golbabaee F., Fathi A., Barzegar L., Heidarnajad N. Assessment of semen quality among workers exposed to heat stress: a cross-sectional study in a steel industry. *Saf. Health Work.* 2018; 9(2): 232–5. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.07.003>
64. Evstratova O.R., Kharitonova A.S., Lushchik M.V. The role of free radical oxidation processes in the development of pathologies. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik.* 2016; (4–2): 146–7. <https://elibrary.ru/wciucp> (in Russian)
65. Saleh R.A., Agarwal A. Oxidative stress and male infertility: from research bench to clinical practice. *J. Androl.* 2002; 23(6): 737–52.
66. Borovets S.Yu., Egorova V.A., Gzgzian A.M., Al-Shukri S.Kh. Fragmentation of sperm DNA: clinical significance, reasons, methods of evaluation and correction. *Urologicheskie vedomosti.* 2020; 10(2): 173–80. <https://doi.org/10.17816/uroved102173-180> <https://elibrary.ru/krqudx> (in Russian)
67. Qian J., Mo C., Si Y., Zhang Q., Chen Y., Zhu J., et al. Temperature change and male infertility prevalence: an ecological study. *BMC Public Health.* 2025; 25(1): 1756. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-22934-7>
68. Lizarev A.V. Dynamics of hormonal parameters changes in workers affected by noise nuisance. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2008; (1): 35–7. <https://elibrary.ru/khmunh> (in Russian)
69. Sørensen M., Poulsen A.H., Nøhr B., Khan J., Ketzel M., Brandt J., et al. Long term exposure to road traffic noise and air pollution and risk of infertility in men and women: nationwide Danish cohort study. *BMJ.* 2024; 386: e080664. <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-080664>

Сведения об авторах

Землянова Марина Александровна, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН» Роспотребнадзора, 614045, Пермь, Россия. E-mail: zem@fcrisk.ru

Кольдибекова Юлия Вячеславовна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. с выполнением обязанностей зав. лаб. метаболизма и фармакокинетики отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: koldibekova@fcrisk.ru

Каменских Дарья Михайловна, лаборант-исследователь лаб. биохимической и наносенсорной диагностики отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН», 614045, Пермь, Россия. E-mail: teterina@fcrisk.ru

Information about the authors

Marina A. Zemlyanova, DSc (Medicine), professor, head, Biochemical and cytogenetic diagnostic techniques department, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8013-9613> E-mail: zem@fcrisk.ru

Julia V. Koldibekova, PhD (Biology), senior researcher, head, Laboratory of metabolism and pharmacokinetics, Department of biochemical and cytogenetic diagnostic methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3924-4526> E-mail: koldibekova@fcrisk.ru

Daria M. Kamenskikh, laboratory assistant-researcher, Laboratory of biochemical and nanosensor diagnostics of the Department of biochemical and cytogenetic diagnostic methods, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. <https://orcid.org/0009-0004-7214-0413> E-mail: teterina@fcrisk.ru