 © Авторы статьи / Authors of the article

ГЕОЭКОЛОГИЯ/GEOECOLOGY

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.111 EDN: NUGREK

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ АТМОСФЕРЫ КАК ФАКТОР УХУДШЕНИЯ ФЕРТИЛЬНОСТИ МУЖЧИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Научная статья

Кузьмичева Н.В.[1], Арбис Д.М.[2], Назаренко О.В.[3,] *

[3] ORCID : 0000-0001-8515-4241;

[1, 2, 3] Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (ovnazarenko[at]sfedu.ru)

Предложена: 16.02.2024; Принята: 11.03.2024; Опубликована: 18.03.2024

Аннотация

В статье рассмотрены проблемы антропогенного загрязнения воздуха опасными репротоксикантами и их влияние на фертильность мужчин, проживающих в Ростовской области. В связи со сложной демографической ситуацией в России вопросы сохранения репродуктивного здоровья населения особо значимы для будущего страны. Выявление факторов снижения фертильности имеет важное значение для сохранения репродуктивного здоровья нации. Экологическая ситуация в Ростовской области характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на окружающую среду, во многих городах области наблюдается кризисная и критическая экологическая ситуация. Особенно сильному загрязнению подвергается атмосферный воздух. Одним из часто встречающихся загрязнителем атмосферы в области является формальдегид. Формальдегид оказывает выраженное токсическое воздействие на организм человека, обладает канцерогенными и репротоксичными свойствами. По данным исследования спермограмм, за последнее десятилетие произошло снижение основных показателей фертильности и как следствие ухудшение репродуктивного здоровья мужского населения Ростовской области.

Ключевые слова: показатели фертильности, репротоксиканты, формальдегид, антропогенное загрязнение, экологический мониторинг.

ATMOSPHERIC POLLUTION AS A FACTOR OF DETERIORATION OF MALE FERTILITY IN ROSTOV OBLAST

Research article

Kuzmicheva N.V.[1], Arbis D.M.[2], Nazarenko O.V.[3,] *

[3] ORCID : 0000-0001-8515-4241;

[1, 2, 3] Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (ovnazarenko[at]sfedu.ru)

Suggested: 16.02.2024; Accepted: 11.03.2024; Published: 18.03.2024

Abstract

The article examines the problems of anthropogenic air pollution by dangerous reprotoxicants and their impact on fertility of men living in Rostov Oblast. Due to the difficult demographic situation in Russia, the issues of reproductive health preservation are especially significant for the future of the country. Identification of factors of fertility decline is important for preservation of reproductive health of the nation. The environmental situation in Rostov Oblast is characterized by a high level of anthropogenic impact on the environment, in many cities of the region there is a crisis and critical environmental situation. The atmospheric air is subjected to particularly severe pollution. One of the most frequent atmospheric pollutants in the region is formaldehyde. Formaldehyde has a pronounced toxic effect on the human body, has carcinogenic and reprotoxic properties. According to the data of spermogram research, over the last decade there has been a decrease in the main fertility indicators and, as a consequence, deterioration of reproductive health of the male population of Rostov Oblast.

Keywords: fertility indicators, reprotoxicants, formaldehyde, anthropogenic pollution, environmental monitoring.

Введение

В настоящие время в Российской Федерации наблюдается сложная демографическая ситуация. Главными особенностями сложившийся ситуации в современной России являются: значительные масштабы сокращения населения, низкая рождаемость, продолжающееся старение населения, массовое распространение однодетных семей, не снижающие воспроизводство населения. Огромные потери страна несет от смертности мужчин. Выросли объёмы вынужденной и нелегальной миграции. В данный момент в РФ отмечается высокая смертность и низкая рождаемость [1].

В условиях социально-экономической нестабильности и чрезвычайной демографической ситуации проблемы репродуктивного здоровья населения, как основы его воспроизводства, становятся особо значимыми для будущего России. Сокращение численности населения Российской Федерации рассматривается сейчас как самая большая угроза национальной безопасности страны. Прогнозы численности населения неутешительны: к 2050 г. россиян будет на 14,7 млн меньше [2]. По данным Научного центра акушерства и гинекологии Минздрава РФ за 2017 г., в России бесплодны

 © Авторы статьи / Authors of the article

7-8 млн женщин и 3-4 млн мужчин. В структуре бесплодия до 45% приходится на долю женщин и 40% на долю мужчин [2].

Приоритетной задачей современной медицины в России является сохранение репродуктивного здоровья нации. С этой целью необходимо вывить факторы, влияющие на снижение фертильности. К основным факторам риска, оказывающих влияние на здоровье человека, в том числе и на репродуктивное, можно отнести: наследственность, воспалительные заболевания половых органов, условия трудовой деятельности и места проживания, а также состояние окружающей среды [2].

Проблема мониторинга вредного воздействия факторов окружающей среды на организм человека является одной из актуальных проблем экологической репродуктологии, нового направления в медицине, изучающего влияние неблагоприятных факторов на фертильный потенциал человека [5].

Цель работы – изучение особенностей изменения за последние десятилетия показателей спермограмм мужчин, проживающих в Ростовской области, и анализ возможных причин наблюдающегося ухудшения их фертильности.

Задачи:

1. Установить загрязняющие вещества, влияющие на репродуктивное здоровье
2. Оценить экологическую ситуацию в Ростовской области.
3. Определить возможные причины ухудшения репродуктивного здоровья мужчин, проживающих в Ростовской области.

Влияние антропогенных факторов на репродуктивное здоровье мужчини принципы исследования

Одной из главных причин в снижение показателей фертильности является загрязнение окружающей среды репротоксикантами, среди которых стойкие органические загрязнители и тяжелые металлы. Эти вещества в основном воздействуют на репродуктивную, иммунную и эндокринную систему человека [14].

За последние десятилетия произошли явные снижения показателей фертильности, в связи с этим несколько раз снижались показатели норм качества семенной жидкости. По нормативам ВОЗ от 1999 г. минимальное референсное значение для концентрации сперматозоидов был 20 млн/мл, в 2010 г. этот показатель стал 15 млн/мл [10], [11]. Исследования израильского ученого Хагая Левина и группы международных исследователей из нескольких университетов Израиля и Европы подтверждают значительное снижение количества сперматозоидов период с 1973 по 2011 гг. у обследованных мужчин из Северной Америке, Европы, Австралии и Новой Зеландии [22]. В общей сложности ученые оценили итоги 233 исследований репродуктивного здоровья мужчин, в которых приняли участие 57 тыс. человек из 53 стран мира. Выяснилось, что с 1973 г. средняя концентрация спермы у мужчин во всех странах мира снизилась вдвое, а среднее значение общего числа сперматозоидов – на 62,3%. При этом темпы ухудшения репродуктивного здоровья ускорились после 2000 г. Причины такой опасной тенденции, пока изучены недостаточно и из-за значительных последствий этих результатов для общественного здравоохранения, ученые рекомендуют продолжить исследования причин этого продолжающегося снижения [22]. Согласно расчетам, степень снижения концентрации сперматозоидов в эякуляте у мужчин Европы составляет около 2% в год [8].

По последним данным ВОЗ, воспалительные процессы не являются основной причиной мужского бесплодия. При углубленных исследованиях было выявлено, что наиболее часто встречающимся диагнозом стали различные формы идиопатического (неизвестного происхождения) бесплодия [17]. В этом случаев в анамнезе у мужчин нет заболеваний способных повлиять на фертильность, однако спермограмма выявляет снижение общего числа сперматозоидов (олигоспермия) снижение подвижности сперматозоидов (астеноспермия) и увеличение патологических форм (тератозооспермия). Предполагается, что мужское бесплодие связано с воздействием внешних факторов таких как, загрязнение окружающей среды, накопление свободных радикалов, генетические отклонения [6].

Некоторые ученые считают, что причиной подобного явления в первую очередь связана с ухудшением экологической ситуации. Наиболее выражено проблема проявляется на территориях с неблагоприятной экологической обстановкой [17].

Определенные химические соединения угнетающе действуют на организм человека, из них около 1000 воздействуют на репродуктивные органы. При этом мужской организм более уязвим и подвергается более сильному воздействию от промышленных выбросов и действию опасных химикатов. Защитные механизмы мужского организма истощаются гораздо быстрее женских [17].

Ряд веществ, в частности тяжелые металлы могут проникать через гематотестикулярный барьер и оказывать непосредственное воздействие на сперматогенез, снижая количественные и качественные показатели эякулята, повреждая зрелые сперматозоиды. В настоящее время доказано, что свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, оказывают повреждающие действие на тестикулярный аппарат [7], [18]. Проведенные исследование также доказывают, что шестивалентный хром способствует возникновению олигозооспермии, астенозооспермии и тератозооспермии [4].

При проводимом исследовании воздействия антропогенных загрязнений было установлено, что группы исследуемых мужчин, проживавших в районах с повышенным воздействием выхлопных газов транспортных средств, имели сниженную концентрацию сперматозоидов в эякуляте [21].

В ходе исследований токсического воздействия химических веществ на человека удалось выделить те химические вещества, которые оказывают воздействие на репродуктивную функцию организма, развитие плода и обладают канцерогенным, мутагенным или генотоксическим действием. Выделяют два класса опасности репротоксикантов, учитывая их воздействие на фертильность и развитие потомства. К первому классу опасности относят вещества, которые доказано оказывают воздействие на репродуктивную способность человека. Ко второму классу опасности относят химические вещества, оказывающие предполагаемое воздействие на репродуктивную функцию и развитее потомства. По данным исследователей к первому классу относят 75 веществ, среди которых бор и его соединения, бензол, ксилены, свинец, стирол, толуол, тяжелые металлы и их соединения (кадмий, мышьяк, ртуть, свинец, сурьма,

 © Авторы статьи / Authors of the article

талий), фенол, формальдегид, низкомолекулярные фталаты и т.д. Ко второму классу относят 46 веществ, среди которых акриламид, анилин, бериллий и его соединения, бисфенол А, гидразин и его производные, медь и ее соединения, фосфор, хром триоксид [16]. В последние годы среди репротоксичных веществ ведущею позицию занимают гормоноподобные ксенобиотики, которые обладают эстрогенным и антиандрогенным действием. В мире производство этих веществ достигло огромных масштабов, представители которых стойкие органические загрязнители (пестициды, диоксины и полихлорированные бифенилы, пластификаторы, фталаты) [8].

Основные результаты и обсуждение

В данной работе анализируется влияние загрязнения атмосферы на фертильность мужчин в Ростовской области за последние 10 лет. Ростовская область относится к территориям с высоким уровнем социально-экономического развития, большая площадь региона, высокая концентрация промышленного и сельскохозяйственного производства, скопление транспортных узлов и многие другие факторы оказывают значительное влияние на экологическую ситуацию в регионе [19]. Вследствие интенсивной антропогенной деятельности развиваются значительные негативные явления, такие как загрязнение атмосферного воздуха и природных вод, деградация почвы и загрязнение ее тяжелыми металлами, которые, в итоге сказываются на состоянии здоровья населения.

По результатам комплексной экологической оценки Ростовской области в 2021 г. было установлено, что в г. Ростове-на-Дону, Новочеркасске и Таганроге кризисная экологическая ситуация (в воздухе, в воде и почве этих городов регистрируются большое количество разнообразных загрязняющих веществ, концентрации отдельных загрязнителей превышают 5ПДК), в остальных городах области преобладает критическая экологическая ситуация [19].

Важным фактором, оказывающим влияние на здоровье населения, является состояние воздушной среды. Химическое загрязнение атмосферы в ходе антропогенного воздействия обусловлено выбросами поллютантов – диоксида, серы, окиси азота, взвешенных частиц, формальдегида и др. В ходе научных исследований было выявлено отрицательное влияние основных загрязнителей атмосферного воздуха на организм человека, так как они обладают иммунотоксичными, генотоксичными, канцерогенными и репротоксичными свойствами [15]. Наибольшее количество экотоксикантов поступает в организм человека в процессе дыхания, где они через капиллярную сеть легочных альвеол быстро проникают в русло малого круга кровообращения и затем, минуя печень, через сердце достигают кровеносных сосудов большого круга и разносятся по всему организму, поражая особо чувствительные, к тем или иным химическим веществам, органы и ткани [12].

Формальдегид является наиболее часто встречающимся загрязнителем атмосферного воздуха. Основной источник его поступления в атмосферу является автомобильный транспорт, так же он образуется при фотохимических реакциях и процессах трансформации органических соединений, таких как метан, метиловый спирт, муравьиная кислота, хлорпроизводные метана. Фотохимические реакции усиливаются при высокой интенсивности солнечной радиации [3]. Формальдегид оказывает выраженное токсическое воздействие, обладает канцерогенными и репротоксическими свойствами. Воздействие формальдегида на организм человека может привести к нарушению менструальной функции, самопроизвольным абортам, осложнениям при родах, задержке физиологического развития плода, осложнениям течения беременности, врожденным порокам развития плода и нарушениям сперматогенеза [3], [16].

По данным мониторинга в Ростовской области более 1,5 миллиона человек проживает в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха [20]. Многочисленные исследования показывают, что поллютанты оказывают негативное воздействие не только в случаях, когда организм человека подвергаются одномоментному влиянию значительных количеств токсичных веществ, но и тогда, когда имеет место постоянное воздействие малых доз (в том числе и в пределах так называемых предельно допустимых концентраций – ПДК) [12].

Сведения о состоянии воздуха атмосферы в городах Ростов-на-Дону, Волгодонск, Шахты, Азов, Цимлянск, Таганрог, Новочеркасск, формируются на базе данных с постов, образующих государственную сеть мониторинга [20].

По данным мониторинга за 2011–2021 гг. формальдегид входит в список приоритетных загрязнителей воздуха в Азове, Волгодонске, Новочеркасске, Ростове-на-Дону, Миллерово, Батайске. Загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом выше среднего по стране в Волгодонске, Новочеркасске, Ростове-на-Дону, Миллерово (табл. 1). Уровень загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом, во всех указанных городах в два раза и более превышает значение среднегодовой ПДК [20]. Согласно СанПиН 1.2.3685–21 от 29.01.2021 г. предельно допустимые концентрации (ПДК) формальдегида в атмосферном воздухе городских и сельских поселений установлены следующие ПДК разовая – 0,05 мг/м^3, ПДК среднесуточная – 0,01 мг/м^3 (концентрация обеспечивающая допустимые уровни риска при воздействии не менее 24 часов), ПДК среднегодовая – 0,003 мг/м^3 (концентрация обеспечивающая допустимые уровни риска при хроническом (не менее года) воздействии) [13].

Таблица 1 - Средние показатели концентрации загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом [20]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.111.1

Приоритетный источник загрязнения	Среднее значение по России мг/м^3	Волгодонск	Новочеркасск	Ростов-на-Дону	Миллерово
Формальдегид	0,009	0,013	0,014	0,010	0,015

За все время мониторинга с 2011 по 2021 гг. концентрации формальдегида в атмосферном воздухе оставались на высоком уровне в Азове, Волгодонске, Новочеркасске, Ростове-на-Дону, Миллерово и Батайске (табл. 2).

 © Авторы статьи / Authors of the article

Таблица 2 - Средняя концентрация формальдегида в воздухе, мг/м^3 [20]

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.111.2

Город	2011, мг/м^3	2012, мг/м^3	2013, мг/м^3	2014, мг/м^3	2015, мг/м^3	2016, мг/м^3	2017, мг/м^3	2018, мг/м^3	2019, мг/м^3	2020, мг/м^3	2021, мг/м^3
Азов	0,008	0,008	0,006	0,009	0,009	0,008	0,010	0,009	0,007	0,008	0,012
Волгодонск	0,017	0,017	0,016	0,011	0,011	0,013	0,012	0,011	0,012	0,014	0,017
Новочеркасск	0,018	0,015	0,010	0,017	0,017	-	0,021	0,018	-	0,008	0,009 +
Ростов на Дону	0,007	0,009	0,009	0,009	0,009	0,014	0,013	0,011	0,011	0,010	0,014
Миллерово	-	0,017	0,015	-	-	-	0,014	0,009	-	0,018	0,019
Батайск	-	-	0,006	-	-	-	-	0,018	-	0,010	0,018

Для определения среднего уровня показателей фертильности мужчин в возрасте от 20 до 40 лет, проживающих в Ростовской области, было проанализировано 400 результатов спермограмм. Исследования проводились на базе научно-исследовательского института акушерства и педиатрии в отделении вспомогательных репродуктивных технологий в 2011 и в 2021 гг. Результаты интерпретировались по рекомендациям из «Руководства ВОЗ по исследованию и обработке эякулята человека» [10], [11]. В таблице 3 представлены обобщенные данные, полученные авторами в результате статистической обработки данных.

Таблица 3 - Показатели спермограмм 2011 и 2021 гг.

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.111.3

№ п/п	Параметры эякулята	2011	2021
1	Нормальный эякулят в соответствии с нормативными значениями, %	66	47
2	Концентрация сперматозоидов ниже нормативных значений, %	12,5	29
3	Подвижность сперматозоидов ниже нормативных значений, %	22,5	19
4	Морфология сперматозоидов ниже нормативных значений, %	21,5	34,5
5	Отсутствие сперматозоидов в эякуляте, %	1,5	1

Проанализировав результаты показателей 200 спермограмм за 2011 г. и 200 за 2021г., можно констатировать, что 66% обследуемых мужчин имели параметры эякулята соответствующие нормативным величинам в 2011г., в 2021 г. этот показатель составил 47%. Первое место в структуре патологии эякулята в 2011 г. занимало нарушение подвижности сперматозоидов 22,5% и морфологии сперматозоидов 21,5%. В 2021 г. нарушение морфологии сперматозоидов значительно увеличилось до 34,5%, так же возрос процент нарушений концентрации эякулята 29% (в

 © Авторы статьи / Authors of the article

2011 г. – 12,5%). Следует учитывать, что оценка показателей эякулята в 2021 г., проводилась уже по измененным нормам ВОЗ [12].

Заключение

Экологическая ситуация в Ростовской области характеризуется высоким уровнем антропогенного воздействия на окружающую среду, во многих городах области сложилась кризисная и критическая экологическая ситуация. Почти 35% жителей области живут в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Одним из приоритетных загрязнителей атмосферы во многих крупных городах области является формальдегид, который обладает канцерогенными и репротоксичными свойствами, способными привести к осложнениям протекания беременности, врожденным порокам развития и вызвать нарушения сперматогенеза.

В связи со сложившейся демографической ситуацией в стране и увеличением роста бесплодных браков, особое внимание заслуживает проблема ухудшения репродуктивного потенциала населения.

Анализ фертильности мужчин репродуктивного возраста, проживающих на территории Ростовской области, показал снижение основных показателей фертильности за последние 10 лет. Особенно сильно снизились показатели концентрации сперматозоидов в эякуляте и увеличилось количество сперматозоидов с аномальной морфологией.

Анализируя полученные данные, можно утверждать, что при высоком уровне загрязнения окружающей среды, в том числе атмосферного воздуха токсичными веществами антропогенного происхождения, оценка влияния этих факторов на здоровье населения, в особенности на репродуктивный потенциал, имеет важное медико-социальное значение.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Браткова В.В. Анализ демографической ситуации в современной России / В.В. Браткова, А.К. Кочесоков, М.К. Кочесокова // Вестник экспертного совета. — 2021. — 1. — С. 76-81.

2. Джамалудинова А.Ф. Репродуктивное здоровье населения России / А.Ф. Джамалудинова // Молодой ученый. — 2017. — 14. — С. 10-13.

3. Дорогова В.Б. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) / В.Б. Дорогова, Н.А. Тараненко, О.А. Рычагова // Acta Biomedica Scientifica. — 2010. — 1. — С. 32-35.

4. Зайцев В.А. Репродуктивное здоровье мужчин в условиях воздействия сложного комплекса вредных профессиональных и экологических факторов / В.А. Зайцев, Г.А. Цепкова, Ю.Б. Говердовский // Врач. — 2020. — 8. — С. 45-53.

5. Кутилин В.С. Природные ландшафты Ростовской области / В.С. Кутилин, Т.А. Смагина, О.В. Назаренко [и др.] — Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2023. — 124 с.

6. Лазарева Н.В. Комплексная оценка состояния репродуктивного и соматического здоровья населения от воздействия факторов риска окружающей среды / Н.В. Лазарева // Здоровье и образование в XXI веке. — 2017. — 4. — С. 277-281.

7. Лебедев Г.С. Мужское бесплодие в Российской Федерации: статистические данные за 2000–2018 годы / Г.С. Лебедев, Н.А. Голубев, И.А. Шадеркин и др. // Экспериментальная и клиническая урология. Урология. — 2019. — 4. — с. 4-13.

8. Павлов В.Н. К оценке репродуктивного здоровья мужчин, проживающих и работающих в условиях горнорудного техногенеза / В.Н. Павлов, Е.Ж. Бекмухамбетов, З.С. Терегулова и др. // Медицинский вестник Башкортостана. Науки о здоровье. — 2015. — 3. — с. 103-106.

9. Павлов В.Н. Репродуктивное здоровье мужчин-работников в условиях воздействия неблагоприятных факторов производственной и окружающей среды / В.Н. Павлов, Б.Ф. Терегулов // Медицина труда и экология человека. Науки о здоровье. — 2015. — 4. — с. 182-187.

10. Попов В.Б. Воздействия токсикантов и репродуктивные процессы in vitro / В.Б. Попов, Ю.В. Голубенцева, М.А. Сайтгалина и др. // Медицина экстремальных ситуаций. Фундаментальная медицина. — 2018. — 20 (3). — С. 419-431.

11. Руководство ВОЗ по исследованию и обработке эякулята человека. — 5-е изд. — М.: Капитал-Принт, 2012.

12. Руководство ВОЗ по лабораторному исследованию эякулята человека и взаимодействия сперматозоидов с цервикальной слизью / Пер. с англ. Р. А. Нерсесяна; Науч. ред. рус. пер. Л.Ф. Курило. — 4. изд. — Москва: МедПресс, 2001.

13. Смирнова В.М. Токсикология: промышленные и экологические аспекты / В.М. Смирнова, А.В. Борисов, Г.Н. Борисова [и др.] — Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р. Е. Алексеева, 2019. — 240 с.

14. Санитарные правила и нормы. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Москва, 2021.

 © Авторы статьи / Authors of the article

15. Терегулов Б.Ф. Медико-социальная значимость и роль факторов окружающей и рабочей среды в нарушении репродуктивного здоровья / Б.Ф. Терегулов, Р.Р. Ишемгулов, З.Ф. Терегулова // Медицинский вестник Башкортостана. Науки о здоровье. — 2010. — 3. — С. 261-263.

16. Токтибаева Г.Ж. Анализ состояния атмосферного воздуха и негативное влияние основных его загрязнителей на организм человека: обзор литературы / Г.Ж. Токтибаева, А.Д. Ефимова, О.В. Гребенева // Kazakhstan Medical Journal. — 2020. — 3. — С. 122-130.

17. Хамидулина Х.Х. Разработка национального перечня канцерогенов, мутагенов и репротоксикантов и его внедрение в регулирование обращения химических веществ на территории Российской Федерации и государств Евразийского экономического союза / Х.Х. Хамидулина, Д.Н. Рабикова // Гигиена и санитария. Науки о здоровье. — 2021. — 9. — С. 897-902.

18. Хлякина О.В. Особенности развития нарушений фертильности у мужчин репродуктивного возраста в зависимости от уровня антропотехногенной нагрузки региона проживания / О.В. Хлякина, Л.В. Захряпина, А.В. Гулин и др. // Вестник российских университетов. Математика. Науки о здоровье. — 2010. — 5. — с. 1531-1534.

19. Хлякина О.А. Влияние неблагоприятных эколого-физиологических факторов на репродуктивное здоровье мужчин в аспекте современного подхода к проблеме и профилактике мужского бесплодия / О.А. Хлякина // Вестник российских университетов. Математика. Клиническая медицина. — 2011. — 1. — С. 356-359.

20. Хованский А.Д. Комплексная экологическая оценка Ростовской области / А.Д. Хованский, В.В. Латун, А.М. Иванченко и др. // International Agricultural Journal. — 2021. — 1. — с. 257-270.

21. Экологический вестник Дона: О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2011–2021 году / Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов администрации Ростовской области. — Ростов-на-Дону, 2012–2022.

22. Gabrielsen J.S. Chronic Exposures and Male Fertility: the Impacts of Environment, Diet, and Drug Use on Spermatogenesis / J.S. Gabrielsen, C. Tanrikut // Andrology. — 2016. — 4.

23. Levine H. Temporal Trends in Sperm Count: a systematic review and meta-regression analysis / H. Levine, N. Jørgensen, A. Martino-Andrade et al. // Hum Reprod Update. — 2017. — 23 (6). — DOI: 10.1093/humupd/dmx022.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bratkova V.V. Analiz demograficheskoj situacii v sovremennoj Rossii [Analysis of the Demographic Situation in Modern Russia] / V.V. Bratkova, A.K. Kochesokov, M.K. Kochesokova // Bulletin of the Expert Council. — 2021. — 1. — P. 76-81. [in Russian]

2. Dzhamaludinova A.F. Reproduktivnoe zdorov'e naseleniya Rossii [Reproductive Health of the Russian Population] / A.F. Dzhamaludinova // Young Scientist. — 2017. — 14. — P. 10-13. [in Russian]

3. Dorogova V.B. Formal'degid v okruzhayushhej srede i ego vliyanie na organizm (obzor) [Formaldehyde in the Environment and Its Effect on the Body (review)] / V.B. Dorogova, N.A. Taranenko, O.A. Ry'chagova // Acta Biomedica Scientifica. — 2010. — 1. — P. 32-35. [in Russian]

4. Zajcev V.A. Reproduktivnoe zdorov'e muzhchin v usloviyax vozdejstviya slozhnogo kompleksa vredny'x professional'ny'x i e'kologicheskix faktorov [Men's Reproductive Health under the Influence of a Complex Set of Harmful Occupational and Environmental Factors] / V.A. Zajcev, G.A. Cepkova, Yu.B. Goverdovskij // Doctor. — 2020. — 8. — P. 45-53. [in Russian]

5. Kutilin V.S. Prirodnye landshafty Rostovskoj oblasti [Natural Landscapes of the Rostov Region] / V.S. Kutilin, T.A. Smagina, O.V. Nazarenko [et al.] — Rostov-on-Don: Southern Federal University, 2023. — 124 p. [in Russian]

6. Lazareva N.V. Kompleksnaya ocenka sostoyaniya reproduktivnogo i somaticheskogo zdorov'ya naseleniya ot vozdejstviya faktorov riska okruzhayushhej sredy' [Comprehensive Assessment of the State of Reproductive and Somatic Health of the Population from the Effects of Environmental Risk Factors] / N.V. Lazareva // Health and Education in the 21st Century. — 2017. — 4. — P. 277-281. [in Russian]

7. Lebedev G.S. Muzhskoe besplodie v Rossijskoj Federatsii: statisticheskie dannye za 2000–2018 gody [Male Infertility in the Russian Federation: statistical data for the years 2000-2018] / G.S. Lebedev, N.A. Golubev, I.A. Shaderkin et al. // Experimental and Clinical Urology. Urology. — 2019. — 4. — p. 4-13. [in Russian]

8. Pavlov V.N. K otsenke reproduktivnogo zdorov'ja muzhchin, prozhivajuschih i rabotajuschih v uslovijah gornorudnogo tehnogeneza [To Assess the Reproductive Health of Men Living and Working in Conditions of Mining Technogenesis] / V.N. Pavlov, E.Zh. Bekmuhambetov, Z.S. Teregulova et al. // Medical Bulletin of Bashkortostan. Health Sciences. — 2015. — 3. — p. 103-106. [in Russian]

9. Pavlov V.N. Reproduktivnoe zdorov'e muzhchin-rabotnikov v uslovijah vozdejstvija neblagoprijatnyh faktorov proizvodstvennoj i okruzhajuschej sredy [Reproductive Health of Male Workers under the Influence of Adverse Factors of Production and the Environment] / V.N. Pavlov, B.F. Teregulov // Occupational Medicine and Human Ecology. Health Sciences. — 2015. — 4. — p. 182-187. [in Russian]

10. Popov V.B. Vozdejstviya toksikantov i reproduktivny'e processy' in vitro [Effects of Toxicants and Reproductive Processes in Vitro] / V.B. Popov, Yu.V. Golubenceva, M.A. Sajtgalina et al. // Emergency Medicine. Fundamental Medicine. — 2018. — 20 (3). — P. 419-431. [in Russian]

11. Rukovodstvo VOZ po issledovaniyu i obrabotke eyakulyata cheloveka [WHO guidelines for the study and treatment of human ejaculate]. — 5th ed. — Moscow: Kapital-Print, 2012. [in Russian]

12. Rukovodstvo VOZ po laboratornomu issledovaniyu eyakulyata cheloveka i vzaimodejstviya spermatozoidov s cervikal'noj sliz'yu [WHO guidelines for the laboratory study of human ejaculate and the interaction of spermatozoa with

 © Авторы статьи / Authors of the article

cervical mucus] / Translated from English by R. A. Nersesyan; Scientific ed. Russian translation by L.F. Kurilo. — 4. ed. — Moscow: MEDpress, 2001. [in Russian]

13. Smirnova V.M. Toksikologija: promyshlennye i ekologicheskie aspekty [Toxicology: Industrial and Environmental Aspects] / V.M. Smirnova, A.V. Borisov, G.N. Borisova [et al.] — Nizhnij Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev, 2019. — 240 p. [in Russian]

14. Sanitarnye pravila i normy. SanPiN 1.2.3685–21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya [Sanitary rules and regulations. SanPiN 1.2.3685–21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans]. — Moscow, 2021 [in Russian]

15. Teregulov B.F. Mediko-social'naya znachimost' i rol' faktorov okruzhayushhej i rabochej sredy' v narushenii reproduktivnogo zdorov'ya [The Medical and Social Significance and Role of Environmental and Work Environment Factors in Reproductive Health Disorders] / B.F. Teregulov, R.R. Ishemgulov, Z.F. Teregulova // Medical Bulletin of Bashkortostan. Health Sciences. — 2010. — 3. — P. 261-263. [in Russian]

16. Toktibaeva G.Zh. Analiz sostoyaniya atmosfernogo vozduxa i negativnoe vliyanie osnovny'x ego zagryaznitelej na organizm cheloveka: obzor literatury' [Analysis of the State of Atmospheric Air and the Negative Impact of Its Main Pollutants on the Human Body: literature review] / G.Zh. Toktibaeva, A.D. Efimova, O.V. Grebeneva // Kazakhstan Medical Journal. — 2020. — 3. — P. 122-130. [in Russian]

17. Xamidulina X.X. Razrabotka nacional'nogo perechnya kancerogenov, mutagenov i reprotoksikantov i ego vnedrenie v regulirovanie obrashheniya ximicheskix veshhestv na territorii Rossijskoj Federacii i gosudarstv Evrazijskogo e'konomicheskogo soyuza [Development of a National List of Carcinogens, Mutagens and Reprotoxicants and Its Implementation in the Regulation of the Circulation of Chemicals in the Territory of the Russian Federation and the States of the Eurasian Economic Union] / X.X. Xamidulina, D.N. Rabikova // Hygiene and Sanitation. Health Sciences. — 2021. — 9. — P. 897-902. [in Russian]

18. Hljakina O.V. Osobennosti razvitija narushenij fertil'nosti u muzhchin reproduktivnogo vozrasta v zavisimosti ot urovnja antropotehnogennoj nagruzki regiona prozhivanija [Peculiarities of the Development of Fertility Disorders in Men of Reproductive Age, Depending on the Level of Anthropotechnogenic Load of the Region of Residence] / O.V. Hljakina, L.V. Zahrjapina, A.V. Gulin et al. // Bulletin of Russian Universities. Mathematics. Health Sciences. — 2010. — 5. — p. 1531-1534. [in Russian]

19. Xlyakina O.A. Vliyanie neblagopriyatny'x e'kologo-fiziologicheskix faktorov na reproduktivnoe zdorov'e muzhchin v aspekte sovremennogo podxoda k probleme i profilaktike muzhskogo besplodiya [The Influence of Adverse Environmental and Physiological Factors on Men's Reproductive Health in the Aspect of a Modern Approach to the Problem and Prevention of Male Infertility] / O.A. Xlyakina // Bulletin of Russian Universities. Mathematics. Clinical Medicine. — 2011. — 1. — P. 356-359. [in Russian]

20. Hovanskij A.D. Kompleksnaja ekologicheskaja otsenka Rostovskoj oblasti [Comprehensive Environmental Sssessment of the Rostov Region] / A.D. Hovanskij, V.V. Latun, A.M. Ivanchenko et al. // International Agricultural Journal. — 2021. — 1. — p. 257-270. [in Russian]

21. Ekologicheskij vestnik Dona: O sostoyanii okruzhayushchej sredy i prirodnyh resursov Rostovskoj oblasti v 2011–2021 godu [Ecological Bulletin of the Don: On the State of the Environment and Natural Resources of the Rostov Region in 2011-2021] / Committee for the Protection of the Environment and Natural Resources of the Rostov Region Administration. — Rostov-on-Don, 2012-2022. [in Russian]

22. Gabrielsen J.S. Chronic Exposures and Male Fertility: the Impacts of Environment, Diet, and Drug Use on Spermatogenesis / J.S. Gabrielsen, C. Tanrikut // Andrology. — 2016. — 4.

23. Levine H. Temporal Trends in Sperm Count: a systematic review and meta-regression analysis / H. Levine, N. Jørgensen, A. Martino-Andrade et al. // Hum Reprod Update. — 2017. — 23 (6). — DOI: 10.1093/humupd/dmx022.