



Визуализация легких при подозрении на туберкулез у беременных женщин (обзор)

О.О. ВИНОКУРОВА^{1,2}, А.С. ВИНОКУРОВ^{2,3}, А.В. ПЕТРЯЙКИН⁴, В.Н. ЗИМИНА⁵, А.Л. ЮДИН²

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, РФ

² ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» МЗ РФ, Москва, РФ

³ ГБУЗ «Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, РФ

⁴ ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, РФ

⁵ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет» МЗ РФ, г. Кемерово, РФ

РЕЗЮМЕ В обзоре представлены современные представления о лучевом исследовании при диагностике заболеваний легких у беременных женщин, в том числе и туберкулеза. Применение у беременных женщин лучевых методов ограничено недостатком информации о современных возможностях аппаратуры и специальной защиты, а нередко и рентгенофобией среди пациенток и врачей. Приведены данные о физических особенностях современных рентгеновских методов (цифровая рентгенография, низкодозовая КТ), а также освещены методы с отсутствием ионизирующего излучения, которые постепенно входят во физиотерапевтическую практику.

Ключевые слова: туберкулез, беременность, визуализация цифровая рентгенография, НДКТ, поглощенная доза.

Для цитирования: Винокурова О.О., Винокуров А.С., Петряйкин А.В., Зими́на В.Н., Юдин А.Л. Визуализация легких при подозрении на туберкулез у беременных женщин (Обзор) // Туберкулёз и болезни лёгких. – 2024. – Т. 102, № 3. – С. 76–83. <http://doi.org/10.58838/2075-1230-2024-102-3-76-83>

Lung Imaging for Suspected Tuberculosis in the Pregnant (Review)

O.O. VINOKUROVA^{1,2}, A.S. VINOKUROV^{2,3}, A.V. PETRYAYKIN⁴, V.N. ZIMINA⁵, A.L. YUDIN²

¹ RUDN University, Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University, Russian Ministry of Health, Moscow, Russia

³ Kommunarka Moscow Multidisciplinary Clinical Center, Moscow Health Department, Moscow, Russia

⁴ Scientific Practical Clinical Center of Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Health Department, Moscow, Russia

⁵ Kemerovo State Medical University, Russian Ministry of Health, Kemerovo, Russia

ABSTRACT The review presents modern ideas about X-ray examination for diagnosis of lung diseases including tuberculosis in the pregnant. The use of X-ray diagnostic tools in the pregnant is limited due to the lack of information about modern capabilities of equipment and special protection, and often by X-ray phobia among patients and physicians. The article presents data on the physical parameters of modern X-ray methods (digital radiography, low-dose CT) and highlights methods free of ionizing radiation, which are gradually entering phthisiologic practice.

Key words: tuberculosis, pregnancy, imaging, digital radiography, LDCT, absorbed dose.

For citation: Vinokurova O.O., Vinokurov A.S., Petryaykin A.V., Zimina V.N., Yudin A.L. Lung imaging for suspected tuberculosis in the pregnant (review). *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2024, vol. 102, no. 3, pp. 76–83. (In Russ.) <http://doi.org/10.58838/2075-1230-2024-102-3-76-83>

Для корреспонденции:
Винокурова Ольга Олеговна
E-mail: starinakoh@yandex.ru

Correspondence:
Olga O. Vinokurova
Email: starinakoh@yandex.ru

Введение

Применение лучевых исследований легких (связанных с рентгеновским излучением – рентгенография (РГ), компьютерная томография (КТ)), привычных и обязательных в диагностическом алгоритме

обследования при подозрении на туберкулез, в случае с беременными женщинами является дискуссионным в связи с потенциальным негативным воздействием на плод. При этом имеются случаи, когда весьма желательна визуализация изменений в легких. Выбор тех или иных методов лучевой диагностики

(ЛД) преимущественно основывается на их чувствительности, а решение о верификации диагноза принимается с учетом данных визуализации в совокупности с клиническими и лабораторными данными, свидетельствующими о туберкулезе. Для фтизиатра более важным является факт наличия патологического процесса в легких у беременной, чем его детализация, что позволяет применять в повседневной практике методы без ионизирующего излучения.

В большинстве стран с высоким бременем туберкулеза отсутствует национальная отчетность по частоте туберкулеза у беременных женщин, эпидемиологические данные по этой категории пациентов основаны на результатах отдельных исследований. В связи с этим оценка актуальной ситуации затруднена. В 2011 г. количество беременных женщин, страдающих туберкулезом, в мире оценивалось в 216500 человек [32]. Показатели заболеваемости, распространенности и смертности от туберкулеза среди женщин репродуктивного возраста неоднородны и зависят от конкретного региона. Так, при изучении туберкулеза среди беременных женщин методом когортных ретроспективных исследований, результаты были следующими: распространенность – 26 на 100 тыс. родов в США и 143,3 на 100 тыс. родов в Великобритании (Лондон), при этом подавляющее большинство случаев были зафиксированы у недавних мигрантов из стран с высоким бременем туберкулеза [5, 23, 26].

В странах Африки и Юго-Восточной Азии с высокими показателями заболеваемости туберкулеза (более 60 на 100 тыс.) доля беременных с активным туберкулезом варьировала от 0,7% среди женщин ВИЧ-негативных и до 11% среди женщин ВИЧ-позитивных [27]. При этом показатели коинфекции во время беременности могут быть недооценены из-за низкой доступности медицинской помощи, прежде всего акушерской, и ограниченности ресурсов.

В РФ обобщающие эпидемиологические показатели по данной проблеме отсутствуют, в исследовании [11] сообщается, что заболеваемость туберкулезом во время беременности и после родов превышает показатели заболеваемости в общей популяции женщин в 2-2,7 раза.

Клинические особенности течения туберкулеза во время беременности создают дополнительные трудности в диагностике, поэтому выбор оптимального метода ЛД и сроков его проведения играет ведущую роль в установлении диагноза и своевременном оказании помощи беременным, родильницам и новорожденным.

Общие вопросы и лучевые методы диагностики

Опубликованные на сайте IAEA (Международного агентства по ядерной энергетике) данные говорят о возможности проведения лучевых методов исследования беременным на любом сроке гестации [30].

Предполагаемое вредное воздействие рентгеновских методов (РГМ) на плод принципиально зависит от двух моментов – зоны исследования и срока гестации. То есть необходимо оценить, насколько РГМ необходимы для диагностики туберкулеза у беременной и возможно ли ограничиться иными, абсолютно безопасными методами. Нередко можно столкнуться и с весьма драматичной ситуацией: РГМ выполняются на самых ранних сроках беременности, когда ее факт еще не установлен, и риск для плода оценивается столь высоко, что может быть рекомендовано прерывание, даже в случае желанной беременности. Особенно опасны КТ-исследования таза и поясничного отдела позвоночника при травмах из-за достаточно высокой дозовой нагрузки, максимально сконцентрированной как раз на области нахождения плода. Поэтому рентгенлаборанты перед проведением РГМ должны обязательно задавать вопрос о возможной беременности женщинам репродуктивного возраста.

Наиболее полно проблема отражена в клинических рекомендациях Комитета по акушерской практике Американского колледжа акушеров и гинекологов (ACOG) 2017 г. [19]. В данных рекомендациях приводится сравнительная таблица различных лучевых исследований с позиции оценки лучевой нагрузки на плод (фетальной дозы) в миллиГреях, (мГр – единица измерения поглощенной дозы ионизирующего излучения). Потенциальный вред для плода рассматривается в контексте канцерогенеза, а также таких серьезных пороков развития, как микроцефалия, задержка роста и умственная отсталость. Согласно этому документу, основанному на данных различных научных исследований, фетальная доза, имеющая серьезные последствия для будущего ребенка, составляет минимум 50 мГр, и в среднем значительные нарушения органогенеза на ранних сроках беременности наблюдаются при воздействии 100-200 мГр. Такая угроза может возникать в ситуации техногенных катастроф, обусловленных значительным воздействием излучения на окружающую среду. IAEA указывает в качестве значения поглощенной дозы плода, предусматривающей прерывание беременности 100 мГр [30]. При этом фетальная доза, получаемая при выполнении различных диагностических исследований, в тысячи и сотни тысяч раз меньше заявленной опасной дозы (табл. 1). Также следует отметить, что среднее годовое воздействие ионизирующего излучения на человека в России по данным на 2020 г. составляет 4,18 мЗв (1 зиверт – это количество энергии, поглощенное килограммом биологической ткани, равное по воздействию поглощенной дозе гамма-излучения в 1 Гр), из которых 80,1% обусловлены природными источниками [2].

Особо актуальные и часто применяемые для диагностики туберкулеза исследования – РГ и КТ органов грудной клетки (ОГК) являются наиболее безопасными с позиции оценки фетальной дозы

Таблица 1. Дозовые нагрузки на плод при различных
лучевых исследованиях [19]

Table 1. Fetal doses for various radiation examinations [19]

Тип исследования	Фетальная доза (мГр)
Исследования очень низкого риска (<0,1 мГр)	
Рентгенография ОГК в 2 проекциях	0,0005-0,01
Маммография	0,001-0,01
КТ головы или шеи	0,001-0,01
Исследования низкого и умеренного риска (0,1-10 мГр)	
Рентгенография живота	0,1-3
КТ ОГК	0,01-0,66
Исследования высокого риска (10-50 мГр)	
КТ живота	1,3-35
КТ малого таза	10-50

Комментарий к таблице. В данном руководстве принято, что 1 Гр соответствует 1 Зв. Перевод поглощенной дозы в эффективную, (которая и соответствует биологическому риску), требует дополнительных коэффициентов для пересчета величин и допущение 1 Гр=1 Зв является оценочным. Эффективная доза равна эквивалентной дозе, умноженной на взвешивающий тканевый коэффициент, зависящий от вклада того или иного органа в ущерб, причиняемый при облучении отдельных органов или тканей организму в целом. Для расчета эффективной дозы необходимы дополнительные коэффициенты пересчета, которые можно определить из имеющихся таблиц в отечественных методических указаниях (напр., МУ 2.6.1.3584-19, МУ 2.6.1.2944-11). Для плода на разных сроках гестации данные коэффициенты не приведены (ввиду этического характера сложностей получения таких данных). Поэтому оценка риска излучения для плода опирается на поглощенную дозу (Гр, мГр) без пересчетов в эквивалентную и эффективные дозы.

Comments on the table. In this guide it is assumed that 1 Gy corresponds to 1 Sv. Converting the absorbed dose into an effective dose (which corresponds to the biological risk) requires additional coefficients for converting values and the assumption of 1 Gy = 1 Sv is an estimate. The effective dose is equal to the equivalent dose multiplied by the tissue weighting factor, which depends on the contribution of a particular organ to the damage caused by irradiation of individual organs or tissues to the body as a whole. To calculate the effective dose, additional conversion factors are required, which can be determined from the available tables in domestic guidelines (for example, MU 2.6.1.3584-19, MU 2.6.1.2944-11). For a fetus at different stages of gestation, these coefficients are not given (due to the ethical nature of difficulties in obtaining such data). Therefore, the assessment of the risk of radiation to the fetus is based on the absorbed dose (Gy, mGy) without conversion to equivalent and effective doses.

и по классификации ACOG относятся к исследованиям «очень низкого» и «низкого» риска [19]. К исследованиям, потенциально влекущим серьезные последствия, относятся: КТ брюшной полости, забрюшинного пространства и органов малого таза и сцинтиграфия всего тела. Однако КТ данных зон во фтизиатрической практике применяется не так часто и используется для верификации внелегочных

поражений (почки, лимфоузлы, кишечник, брюшина и др.) [16], а сцинтиграфия у больных ТБ рутинно не используется [17].

По результатам упомянутого выше консенсуса, дозы радиационного облучения при РГ и КТ легких, за некоторыми исключениями, находятся в значительно меньшем интервале, чем облучение, связанное с потенциальным повреждением организма плода. Если эти РГМ необходимы в дополнение к исследованиям, не несущим какой-либо лучевой нагрузки, или более доступны и информативны для постановки соответствующего диагноза, в них не следует отказывать беременным пациенткам. Сходные выводы сделаны также в протоколах и информационных листках нескольких других международных ассоциаций, в том числе Международной комиссии по радиационной безопасности (2000 г.) [28] и Центра профилактики и контроля заболеваний (2020 г.) [29]. В настоящее время проведение КТ ОГК на современных аппаратах является более безопасной процедурой в отношении лучевой нагрузки, чем ранее, т.к. производители оборудования постоянно работают над протоколами снижения дозы при сохранении удовлетворительного качества изображений. Зона сканирования легких находится гораздо выше места нахождения плода в матке, а пучок РГ лучей при КТ узконаправлен и его рассеивание не происходит [18]. В последние годы широко используется для скрининговой диагностики т.н. низкодозовая КТ (НДКТ), доза которой не превышает 1 мЗв [7]. Исследование обладает меньшей разрешающей способностью, однако полученная информация вполне достаточна, чтобы определить наличие патологии в легких, а также клиническую форму и фазу, например, туберкулеза [25]. То же самое можно сказать и о современной цифровой РГ – наблюдается значительное снижение дозы облучения по сравнению с аналоговым оборудованием.

В некоторых учреждениях для визуализации патологии легких используется томосинтез (своеобразный цифровой аналог линейной томографии). Информативность его значительно выше традиционной РГ и позволяет более точно определить структуру патологического субстрата, взаимодействие с прилежащими структурами; доза облучения выше РГ, но ниже КТ (почти на 10%) [4]. Широкое применение метода ограничивает малое количество аппаратов, в том числе во фтизиатрической сети.

Следует отметить, что на территории РФ среди специалистов имеется тенденция к более осторожному отношению к лучевым исследованиям у беременных, нежели у зарубежных коллег. Как среди пациентов, так и нередко среди медицинского персонала бытует мнение, что любые лучевые исследования как таковые противопоказаны в период беременности. Предпочтение в любом случае отдается альтернативным методам, но их информативность при визуализации туберкулеза легких может быть значительно ниже. Применение лучевых исследований

у беременных в РФ регламентируется рядом нормативных документов. Так, в СанПиН 2.6.1.1192-03 [15] рекомендуется приоритетное использование альтернативных (нерадиационных) методов, проведение РГМ только по клиническим показаниям с выбором наиболее щадящего метода. Проведение исследований по строгим клиническим показаниям у беременных регламентирует и приказ Минздрава № 129 «Об упорядочении рентгенологических исследований» [13]. Риск последствий отказа от РГМ должен заведомо превышать риск от облучения при его проведении. Не стоит забывать об обязательном подписании информированного согласия на проведение РГМ – при этом врач должен разъяснить пациентке пользу и риск выбранных методов и рассказать о возможных средствах защиты (при их наличии). По запросу предоставляется полная информация об ожидаемой или о полученной дозе облучения и о возможных последствиях. Право на принятие решения о применении РГМ в целях диагностики предоставляется пациенту или его законному представителю, о чем свидетельствует информированное согласие на проведение процедуры. Также оговорено, что у лиц репродуктивного возраста при РГМ обязательно проводится экранирование области таза, что соответственно, относится и к беременным.

Исследования должны по возможности проводиться во вторую половину беременности, за исключением случаев, когда должен решаться вопрос о прерывании беременности или необходимости оказания скорой или неотложной помощи. РГМ беременным проводятся с использованием всех возможных средств и способов защиты таким образом, чтобы доза, полученная плодом, не превысила 1 мЗв. В случае получения плодом дозы, превышающей 100 мЗв, врач обязан предупредить пациентку о возможных последствиях и рекомендовать прервать беременность (СанПиН 2.6.1.1192-03, пункт 7.18) [15].

Согласно нормам радиационной безопасности (НРБ-99) [12], принципы контроля и ограничения радиационных воздействий в медицине основаны на получении необходимой и полезной диагностической информации или терапевтического эффекта при минимально возможных уровнях облучения. При этом не устанавливаются пределы доз, но используются принципы обоснования назначения радиологических медицинских процедур и оптимизации мер защиты пациентов. Этот общий принцип можно применить и к частной ситуации при беременности. В случае, если имеется основательное подозрение на туберкулез (типичные симптомы, тесный продолжительный контакт с бактериовыделителем и т.д.), следует стремиться к максимально безопасному, но в тоже время максимально информативному диагностическому алгоритму, который допускает выполнение РГМ.

В целом РГМ исследования легких при подозрении на туберкулез в случае беременности не являются строго обязательными, но необходимо учитывать ряд ситуаций, когда остальная диагностическая инфор-

мация неубедительна либо сомнительна (результаты кожных проб, исследование мокроты). И в данных условиях РГМ позволят объективно высказаться за или против. Этиологическая верификация возбудителя может быть также затруднена вследствие отсутствия у пациентки мокроты и невозможности выполнения бронхоальвеолярного лаважа. При принятии решения о выполнении РГМ беременной пациентке ее следует информировать как о рисках вследствие лучевого исследования, так и о рисках его отсрочки. Важность ранней диагностики и начала терапии туберкулеза связаны с возможностью достаточно быстрого прогрессирования процесса во время гестации или после родов, развитием акушерских осложнений и возможного появления бактериовыделения после родов, что означает серьезные риски заболевания туберкулезом для новорожденного [21]. Поэтому ситуация не терпит отлагательства до естественного родоразрешения. Следует также обсудить с пациенткой частоту встречаемости в популяции нежелательных осложнений беременности, таких, как выкидыш, задержка развития плода и других, что позволит не связывать некое событие именно с выполнением РГМ.

Подводя промежуточные итоги, можно отметить, что принцип снижения лучевой нагрузки «насколько это возможно» (англ. ALARA, сокр. от As Low As Reasonably Achievable) при исследовании беременных приобретает особую актуальность. Учитывая достаточно высокую неопределенность в оценке фетальной поглощенной дозы при исследовании грудной клетки матери разными РГМ, зависящими как от типа применяемого оборудования, так и от стратегии защиты области плода, следует придерживаться нескольких рекомендаций:

- 1) выполнять исследования в специализированных учреждениях с согласованными алгоритмами сканирования (оптимально методика НДКТ), либо цифровое рентгеновское оборудование;

- 2) использовать индивидуальные средства радиационной защиты: при КТ – обеспечение циркулярной защиты брюшной полости, при рутинной рентгенографии – защитные фартуки;

- 3) провести предварительные дозиметрические исследования на фантомах для уточнения предполагаемой поглощенной дозы области плода для данного вида исследований.

Следует отметить, что методическая организация исследований грудной клетки у беременных РГМ может быть полезна и для выполнения данных исследований по другим показаниям (диагностика пневмонии, травматических повреждений и других патологических состояний).

Альтернативные методы лучевой диагностики

Использование альтернативных (неионизирующих) методов визуализации в диагностике туберкулеза вполне допустимо, однако не является рутинным,

а опыт их применения в значительной степени ограничен и часто является уделом определенных клиник.

Так, ультразвуковое исследование (УЗИ) традиционно используется в диагностике плеврита, а также туберкулеза периферических лимфоузлов и паренхиматозных органов, а распространенность применения в области патологии легких значительно меньше. Но при этом УЗИ вполне может использоваться для поиска изменений в легких в случае наличия в альвеолах воспалительного субстрата либо образований, что было изучено на практике во время пандемии COVID-19 [8]. На ограниченных выборках пациентов с подтвержденным иными методами туберкулезом легких, при сонографии легких исследователями был описан синдром потери воздушности легочной ткани, который классифицировался в двух вариантах: а) округлый инфильтрат с четко очерченными границами гипоехогенный и неоднородный по структуре за счет гиперэхогенных включений; б) облаковидный инфильтрат с нечеткими контурами и чередованием гипо- и гиперэхогенных участков [3]. Следовательно, с помощью УЗИ можно установить наличие патологического воспалительного процесса в легочной ткани, оценить его объем и, косвенно, – структуру. При объединении результатов УЗИ с другими клинико-лабораторными данными диагноз туберкулеза с высокой вероятностью может быть установлен и без иных лучевых исследований. Особенно успешно оценить характер процесса можно при субплевральной локализации и в случае инфильтративного типа изменений, например, при инфильтративном туберкулезе легких, который в настоящее время является наиболее распространенной клинической формой [9]. А вот наличие далеко расположенных от грудной стенки инфильтратов и образований может приводить к снижению информативности визуализации, что является серьезным недостатком УЗИ.

УЗИ легких также предлагается применять и для оценки динамики процесса в ходе терапии, что может быть важно при ведении беременных. В ряде исследований последних лет, посвященных роли УЗИ легких при диагностике туберкулеза, сообщалось о чувствительности метода свыше 90% [20, 24]. Однако изучение данного критерия, равно как и изучение специфичности УЗИ для выявления туберкулеза, необходимо продолжить на более крупных выборках. Следует также отметить, что имеет место высокая оператор-зависимость УЗИ и несмотря на широкую доступность метода (портативность аппарата, отсутствие противопоказаний), ограничения могут быть связаны именно с квалификацией и специализацией врачей в отношении визуализации изменений в легких, а также с технической оснащенностью медицинского учреждения современными высокочувствительными аппаратами.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) легких также на сегодняшний день не находит широкого применения во фтизиатрической практике. МРТ –

метод с высокой тканевой чувствительностью и традиционно используется для оценки состояния паренхиматозных органов, суставов, центральной нервной системы. В настоящее время во фтизиатрии может широко использоваться для диагностики изменений головного мозга (очаговое поражение мозга – туберкулема, менингит), позвоночника (спондилит), суставов (артрит), органов брюшной полости и малого таза (туберкулез кишечника, почек, брюшины, сальпингофорит либо эндометрит) [6, 10]. Наличие воздуха в легких затрудняет визуализацию при МРТ. Но в случае локального изменения плотности участка легкого (инфильтрат, образование) визуализация становится возможной. Проблем с визуализацией медиастинальных лимфоузлов на МРТ гораздо меньше, но подобная форма туберкулеза редко встречается у взрослых пациентов (преимущественно у ВИЧ-позитивных пациентов). Основные проблемы возникают из-за артефактов, вызванных обширными паренхиматозными границами воздух-ткань и низкой протонной плотностью нормальной ткани легкого, что приводит к низкой интенсивности сигнала. Но плотность протонов увеличивается, когда повреждение легочной ткани вызывает заполнение воздушного пространства (в виде экссудации жидкости при воспалении или появления казеозных масс) [1]. Другой проблемой является непрерывное движение анатомических структур, вызванное пульсацией сердца и дыханием, которые наиболее выражены в нижних и передних отделах грудной клетки.

При МРТ также, как при УЗИ, отсутствует ионизирующее излучение. Есть предварительные обнадеживающие данные по использованию МРТ для визуализации паренхимы легких [33]. Однако, если стоит упрощенная задача уточнить наличие и примерный характер патологии легочной ткани у беременной пациентки, МРТ может считаться альтернативным методом [17]. В этих случаях МРТ может быть полезна в оценке состояния легочной паренхимы из-за экссудативного накопления жидкости и клеточной инфильтрации воздушного пространства [31]. Диагностика внелегочного туберкулеза с помощью МРТ сталкивается с меньшим числом проблем и безопасна для матери и плода.

Ограничения по применению МРТ могут носить технический характер, касающийся продолжительности задержек дыхания (сериями до 10 секунд) во время выполнения исследования, которые могут быть сложны или вовсе невыполнимы для беременных пациенток с респираторной симптоматикой, необходимостью длительного нахождения в горизонтальном положении (осложнение в виде компрессии нижней полой вены) [14], а также затруднений со стороны эпидемиологических мероприятий (обеззараживание кабинета МРТ при потенциально высокой эпидемической опасности инфекционного пациента), малого количества МР-томографов, используемых в противотуберкулезных учреждениях. Все абсолютные противопоказания к МРТ (ферромагнит-

ные тела, водители ритма, кохлеарные импланты) и относительные (первый триместр беременности, клаустрофобия) у беременных сохраняются [22].

Заключение

Методы визуализации при подозрении на туберкулез у беременных женщин занимают в диагностическом алгоритме широкую нишу, также как и у пациентов иных категорий. Предпочтение в выборе исследования отдается нерадиационным методам (при их доступности и соответствующей подготовки персонала), однако применение рентгеновских методов также допустимо, поскольку фетальная доза, а соответственно, риск для плода при исследовании легких крайне мал с учетом современного оборудо-

вания и протоколов сканирования (НДКТ), а также использовании защитных средств. Возможность более широкого использования рентгеновских методов в настоящее время связана с постоянным совершенствованием производителями качества изображений даже при низкой дозе облучения. Тщательно взвесив риски для матери в случае отсроченного исследования, его выполнение желательно рекомендовать после окончания периода эмбриогенеза, и, если того требует клиническая ситуация, провести во время гестации, максимально обезопасив здоровье будущего ребенка. В связи с малой доступностью аппаратов МРТ в противотуберкулезных учреждениях, наиболее оптимальными средствами подтверждения изменений в легких остается цифровая рентгенография и НДКТ, а также УЗИ легких.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахадов Т.А., Гурьяков С.Ю., Ублинский М.В. Магнитно-резонансная томография в исследовании легких // Медицинская визуализация. – 2019. – Т. 23. – № 4. – С. 10-23. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-10-23>
2. Барковский А.Н., Ахматдинов Р.Р., Ахматдинов Р.Р., Барышков Н.К., Библин А.М., Братилова А.А., Журавлева В.Е., Кормановская Т.А., Кувшинников С.И., Сивенков А.Г., Тутельян О.Е., Цовьянов А.Г. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2020 г. // Радиационная гигиена. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 103-113. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-4-103-113>
3. Валиев Р.Ш., Тухбатуллин М.Г., Шамшурова Е.С. Особенности ультразвуковой семиотики при туберкулезе органов дыхания // Практическая медицина. – 2016. – Т. 95, № 3. – С. 54-57.
4. Васильев А.Ю., Карпов С.С. Сравнение дозовой нагрузки при проведении стандартной цифровой рентгенографии, томосинтеза и мультисрезовой компьютерной томографии в экспериментальном исследовании детского антропоморфного фантома // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2017. – Т. 98, № 1. – С. 23-29. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2017-98-1-23-29>
5. Викторова И.Б., Нестеренко А.В., Зимина В.Н. Коинфекция (ВИЧ-инфекция/туберкулез) у беременных женщин // Туберкулез и болезни легких. – 2015. – № 12. – С. 8-18.
6. Винокуров А.С., Бельская О.И., Юдин А.Л., Ким А.В. Современная диагностика спондилодисцитов: основные КТ- и МР-признаки // Лучевая диагностика и терапия. – 2019. – № 1. – С. 39-47. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-39-47>
7. Гомболевский В.А., Чернина В.Ю., Блохин И.А., Николаев А.Е., Барчук А.А., Морозов С.П. Основные достижения низкодозной компьютерной томографии в скрининге рака легкого // Туберкулез и болезни легких. – 2021. – Т. 99, № 1. – С. 61-70. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2021-99-1-61-70>
8. Кириллова М.С., Степанова Ю.А., Курочкина А.И. Определение тяжести патологических изменений легких при COVID-19 с помощью УЗИ // Российский электронный журнал лучевой диагностики. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 15-27. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2021-11-1-15-27>
9. Кошечкин В.А., Иванова З.А., Ширманов В.И., Буракова М.В. Структура клинических форм туберкулеза у впервые выявленных больных туберкулезом студентов РУДН // Трудный пациент. – 2014. – Т. 12, № 3. – С. 48-49.
10. Макогонова М.Е., Мухаметшина Е.Р., Гаврилов П.В. Визуализация нейротуберкулеза при магнитно-резонансной томографии // Медицинский альманх. – 2022. – Т. 10, №1. – С. 75-81. <https://doi.org/10.36422/23076348-2022-10-1-75-81>
11. Нестеренко А.В. Туберкулез у беременных с различным ВИЧ-статусом: особенности течения и эффективность лечения: дисс... канд. мед. наук. – М., 2019. – 155 с.

REFERENCES

1. Akhadov T.A., Guryakov S.Yu., Ublinskiy M.V. Magnetic resonance imaging in study of lungs. *Medical Visualization*, 2019, vol. 23, no. 4, pp. 10-23. (In Russ.) <https://doi.org/10.24835/1607-0763-2019-4-10-23>
2. Barkovsky A.N., Akhmatdinov R.R., Akhmatdinov R.R., Baryshkov N.K., Biblin A.M., Bratilova A.A., Zhuravleva V.E., Kormanovskaya T.A., Kuvshinnikov S.I., Sivenkov A.G., Tutelyan O.E., Tsovyanov A.G. Radiation doses to the population of the Russian Federation in 2020. *Radiatsionnaya Gygiena*, 2021, vol. 14, no. 4, pp. 103-113. (In Russ.) <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-4-103-113>
3. Valiev R.Sh., Tukhbatullin M.G., Shamshurova E.S. Features of ultrasound semiotics in respiratory tuberculosis. *Prakticheskaya Meditsina*, 2016, vol. 95, no. 3, pp. 54-57. (In Russ.)
4. Vasiliev A.Yu., Karpov S.S. Comparison of a radiation dose during standard digital radiography, tomosynthesis, and multislice spiral computed tomography in an experimental study of pediatric anthropomorphic phantom. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, 2017, vol. 98, no. 1, pp. 23-29. (In Russ.) <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2017-98-1-23-29>
5. Viktorova I.B., Nesterenko A.V., Zimina V.N. Co-infection (HIV/tuberculosis) in pregnant women. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2015, no. 12, pp. 8-18. (In Russ.)
6. Vinokurov A.S., Belenkaya O.I., Yudin A.L., Kim A.V. Spondylodiscitis diagnostics in nowadays: basic CT and MRI signs. *Diagnostic Radiology and Radiotherapy*, 2019, no. 1, pp. 39-47. (In Russ.) <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-1-39-47>
7. Gombolevskiy V.A., Chernina V.Yu., Blokhin I.A., Nikolaev A.E., Barchuk A.A., Morozov S.P. Main achievements of low-dose computed tomography in lung cancer screening. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2021, vol. 99, no. 1, pp. 61-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2021-99-1-61-70>
8. Kirillova M.S., Stepanova Yu.A., Kurochkina A.I. Determining the severity of pathological changes in the lungs during COVID-19 using ultrasound. *Rossiyskiy Elektronnyy Zhurnal Luchevoy Diagnostiki*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 15-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2021-11-1-15-27>
9. Koshechkin V.A., Ivanova Z.A., Shirmanov V.I., Burakova M.V. Structure of clinical forms of tuberculosis in new cases of tuberculosis in the students of the RUDN University. *Trudny Patsient*, 2014, vol. 12, no. 3, pp. 48-49. (In Russ.)
10. Makogonova M.E., Mukhametshina E.R., Gavrilov P.V. Imaging of neurotuberculosis with magnetic resonance imaging. *Meditsinskiy Alyans*, 2022, vol. 10, no. 1, pp. 75-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.36422/23076348-2022-10-1-75-81>
11. Nesterenko A.V. *Tuberkulez u beremennykh s razlichnym VICH-statusom: osobennosti techeniya i effektivnost lecheniya. Diss. kand. med. nauk. [Tuberculosis in pregnant women with different HIV status: features of the course and treatment effectiveness. Cand. Diss.]. Moscow, 2019, 155 p.*

12. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы СанПин 2.6.1.2523-09.
13. Приказ Минздрава СССР от 29.03.1990 № 129 "Об упорядочении рентгенологических обследований".
14. Руденко Н.Н., Фокин А.В., Машенко И.А., Семенова Е.С., Журавель А.В., Новикова Е.В. Методические основы магнитно-резонансной томографии у беременных // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 3. – С. 149. <https://doi.org/10.17513/spno.29911>
15. СанПиН 2.6.1.1192-03 "Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований"
16. Синицын М.В., Белиловский Е.М., Соколова И.А., Решетников М.Н., Титюхина М.В., Батурич О.В. Внегочечные локализации туберкулеза у больных ВИЧ-инфекцией // Туберкулёз и болезни лёгких. – 2017. – Т. 95, № 11. – С. 19-25. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2017-95-11-19-25>
17. Чаадаева Ю.А., Горбунов Н.А., Дергилев А.П., Манакова Я.Л. Современные методы лучевой диагностики туберкулеза легких // Лучевая диагностика и терапия. – 2022. – Т. 13, № 1. – С. 14-20. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-1-14-20>
18. Черняев А.П., Волков Д.В., Лыкова Е.Н. Физические методы визуализации в медицинской диагностике. – М.: ООП физического факультета МГУ; 2019. – 112 с.
19. ACOG Committee Opinion No. 723: Guidelines for Diagnostic Imaging During Pregnancy and Lactation. Available at: <https://www.acog.org/clinical/clinical-guidance/committee-opinion/articles/2017/10/guidelines-for-diagnostic-imaging-during-pregnancy-and-lactation>. [Accessed Feb 01, 2023]
20. Agostinis P, Copetti R, Lapini L, Badona Monteiro G, N'Deque A, Baritussio A. Chest ultrasound findings in pulmonary tuberculosis // Trop Doct. – 2017. – Vol. 47, № 4. – P. 320-328. <https://doi.org/10.1177/0049475517709633>
21. Bekker A. Tuberculosis in Neonates and Infants. Handbook of Child and Adolescent Tuberculosis. – Oxford, UK: Oxford University Press; 2015. pp. 231-244. <https://doi.org/10.1093/med/9780190220891.003.0013>
22. Dill T. Contraindications to magnetic resonance imaging // Heart. – 2008. – Vol. 94, № 7. – P. 943-948. <https://doi.org/10.1136/hrt.2007.125039>
23. El-Messidi A., Czuzoj-Shulman N., Spence A.R., Abenhaim H.A. Medical and obstetric outcomes among pregnant women with tuberculosis: a population-based study of 7.8 million births // Am J Obstet Gynecol. – 2016. Vol. 215, №6. – P. 797. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.08.009>
24. Giannelli F., Cozzi D., Cavigli E., Campolmi I., Rinaldi F., Giachè S., Rogasi P.G., Miele V., Bartolucci M. Lung ultrasound (LUS) in pulmonary tuberculosis: correlation with chest CT and X-ray findings. // J Ultrasound. – 2022. – Vol. 25, № 3. – P. 625-634. <https://doi.org/10.1007/s40477-021-00636-1>
25. He W., Chen B.D., Lv Y., Zhou Z., Xu J.P., Lv P.X., Zhou X.H., Ning F.G., Li C.H., Wang D. P., Zheng J. Use of low-dose computed tomography to assess pulmonary tuberculosis among healthcare workers in a tuberculosis hospital // Infectious Diseases of Poverty. – 2017. – № 6. P. 68. <https://doi.org/10.1186/s40249-017-0274-6>
26. Llewelyn M., Cropley I., Wilkinson R.J., Davidson R.N. Tuberculosis diagnosed during pregnancy: a prospective study from London // Thorax. – 2000. – Vol. 55, № 2. – P. 129-132. <https://doi.org/10.1136/thorax.55.2.129>
27. Mathad J.S., Gupta A. Tuberculosis in pregnant and postpartum women: epidemiology, management, and research gaps // Clin Infect Dis. – 2012. – Vol. 55, № 11. – P. 1532-1549. <https://doi.org/10.1093/cid/cis732>
28. Pregnancy and Medical Radiation. International Commission on Radiological Protection. Available at: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_30_1 [Accessed Jul 10, 2023]
29. Radiation and Pregnancy: A Fact Sheet for Clinicians. Available at: <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/prenatalphysician.htm> [Accessed Jan 29, 2023]
30. Radiation protection of pregnant women in radiology. Available at: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/radiology/pregnant-women> [Accessed Jan 29, 2023]
31. Rizzi E.B., Schinina' V., Cristofaro M., Goletti D., Palmieri F., Bevilacqua N., Lauria F.N., Girardi E., Bibbolino C. Detection of Pulmonary tuberculosis: comparing MR imaging with HRCT // BMC Infect Dis. – 2011. – № 11. – P. 243. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-11-243>
32. Sugarman J., Colvin C., Moran A. C., Oxlade O. Tuberculosis in pregnancy: an estimate of the global burden of disease // Lancet Glob Health. – 2014. – Vol. 2, № 12. – P. 710-716. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(14\)70330-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(14)70330-4)
12. Normy radiatsionnoy bezopasnosti (NRB-99/2009). Sanitarnyye pravila i normativy SanPin 2.6.1.2523-09. [Radiation safety standards (NRB-99/2009). Sanitary rules and regulations SanPin 2.6.1.2523-09].
13. Edict no. 129 by USSR Ministry of Health as of March 29, 1990 On Regulation of X-Ray Examination. (In Russ.)
14. Rudenko N.N., Fokin A.V., Maschenko I.A., Semenova E.S., Zhuravel A.V., Novikova E.V. Methodical bases of magnetic resonance tomography in pregnant women. *Modern Problems of Science and Education*, 2020, no. 3, pp. 149. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/spno.29911>
15. SanPiN 2.6.1.1192-03 Gigiyenicheskiye trebovaniya k ustroystvu i ekspluatatsii rentgenovskikh kabinetov, apparatov i provedeniyu rentgenologicheskikh issledovaniy. [SanPiN 2.6.1.1192-03. Hygienic Requirements for Design and Operation of X-ray Rooms, Scanners and X-ray examinations].
16. Sinitsyn M.V., Belilovsky E.M., Sokolina I.A., Reshetnikov M.N., Tityukhina M.V., Baturin O.V. Extrapulmonary tuberculosis in HIV patients. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2017, vol. 95, no. 11, pp. 19-25. (In Russ.) <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2017-95-11-19-25>
17. Chaadaeva Yu.A., Gorbunov N.A., Dergilev A.P., Manakova Ya.L. Current methods of X-ray diagnostics of pulmonary tuberculosis. *Luchevaya Diagnostika I Terapiya*, 2022, vol. 13, no. 1, pp. 14-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-1-14-20>
18. Chernyaev A.P., Volkov D.V., Lykova E.N. *Fizicheskiye metody vizualizatsii v meditsinskoj diagnostike*. [Physical methods of imaging in medical diagnostics]. Moscow, OPP Fizicheskogo Fakulteta MGU Publ., 2019, 112 p.
19. ACOG Committee Opinion No. 723: Guidelines for Diagnostic Imaging During Pregnancy and Lactation. Available: <https://www.acog.org/clinical/clinical-guidance/committee-opinion/articles/2017/10/guidelines-for-diagnostic-imaging-during-pregnancy-and-lactation>. Accessed February 01, 2023
20. Agostinis P, Copetti R, Lapini L, Badona Monteiro G, N'Deque A, Baritussio A. Chest ultrasound findings in pulmonary tuberculosis. *Trop. Doct.*, 2017, vol. 47, no. 4, pp. 320-328. <https://doi.org/10.1177/0049475517709633>
21. Bekker A. Tuberculosis in Neonates and Infants. Handbook of Child and Adolescent Tuberculosis. Oxford, UK, Oxford University Press, 2015, pp. 231-244. <https://doi.org/10.1093/med/9780190220891.003.0013>
22. Dill T. Contraindications to magnetic resonance imaging. *Heart*, 2008, vol. 94, no. 7, pp. 943-948. <https://doi.org/10.1136/hrt.2007.125039>
23. El-Messidi A., Czuzoj-Shulman N., Spence A.R., Abenhaim H.A. Medical and obstetric outcomes among pregnant women with tuberculosis: a population-based study of 7.8 million births. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 2016, vol. 215, no. 6, pp. 797. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.08.009>
24. Giannelli F., Cozzi D., Cavigli E., Campolmi I., Rinaldi F., Giachè S., Rogasi P.G., Miele V., Bartolucci M. Lung ultrasound (LUS) in pulmonary tuberculosis: correlation with chest CT and X-ray findings. *J. Ultrasound.*, 2022, vol. 25, no. 3, pp. 625-634. <https://doi.org/10.1007/s40477-021-00636-1>
25. He W., Chen B.D., Lv Y., Zhou Z., Xu J.P., Lv P.X., Zhou X.H., Ning F.G., Li C.H., Wang D.P., Zheng J. Use of low-dose computed tomography to assess pulmonary tuberculosis among healthcare workers in a tuberculosis hospital. *Infectious Diseases of Poverty*, 2017, no. 6, pp. 68. <https://doi.org/10.1186/s40249-017-0274-6>
26. Llewelyn M., Cropley I., Wilkinson R.J., Davidson R.N. Tuberculosis diagnosed during pregnancy: a prospective study from London. *Thorax*, 2000, vol. 55, no. 2, pp. 129-132. <https://doi.org/10.1136/thorax.55.2.129>
27. Mathad J.S., Gupta A. Tuberculosis in pregnant and postpartum women: epidemiology, management, and research gaps. *Clin. Infect. Dis.*, 2012, vol. 55, no. 11, pp. 1532-1549. <https://doi.org/10.1093/cid/cis732>
28. Pregnancy and Medical Radiation. International Commission on Radiological Protection. Available: https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_30_1 Accessed July 10, 2023
29. Radiation and Pregnancy: A Fact Sheet for Clinicians. Available: <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/prenatalphysician.htm> Accessed January 29, 2023
30. Radiation protection of pregnant women in radiology. Available: <https://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/radiology/pregnant-women> Accessed January 29, 2023
31. Rizzi E.B., Schinina' V., Cristofaro M., Goletti D., Palmieri F., Bevilacqua N., Lauria F.N., Girardi E., Bibbolino C. Detection of Pulmonary tuberculosis: comparing MR imaging with HRCT. *BMC Infect Dis.*, 2011, no. 11, pp. 243. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-11-243>
32. Sugarman J., Colvin C., Moran A. C., Oxlade O. Tuberculosis in pregnancy: an estimate of the global burden of disease. *Lancet Glob. Health*, 2014, vol. 2, no. 12, pp. 710-716. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(14\)70330-4](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(14)70330-4)

33. Vasilev Y. A., Sergunova K. A., Bazhin A. V., Masri A. G., Vasileva Y. N., Semenov D. S., Kudryavtsev N. D., Panina O. Y., Khoruzhaya A. N., Zinchenko V. V., Akhmad E. S., Petraikin A. V., Vladzmyrskyy A. V., Midaev A. V., Morozov S. P. Chest MRI of patients with COVID-19 // *Magnetic Resonance Imaging*. – 2021. – Vol. 79. – P. 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2021.03.005>
33. Vasilev Y. A., Sergunova K. A., Bazhin A. V., Masri A. G., Vasileva Y. N., Semenov D. S., Kudryavtsev N. D., Panina O. Y., Khoruzhaya A. N., Zinchenko V. V., Akhmad E. S., Petraikin A. V., Vladzmyrskyy A. V., Midaev A. V., Morozov S. P. Chest MRI of patients with COVID-19. *Magnetic Resonance Imaging*, 2021, vol. 79, pp. 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2021.03.005>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы»
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6
Тел.: +7 (495) 154-03-33

Винокурова Ольга Олеговна

К. м. н., ассистент кафедры инфекционных болезней
с курсами эпидемиологии и фтизиатрии
E-mail: starinakoh@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5689-7628>

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова» МЗ РФ
117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1
Тел.: +7 (495) 434-05-43

Винокуров Антон Сергеевич

Ассистент кафедры лучевой диагностики и терапии МБФ,
врач-рентгенолог ГБУЗ «Московский многопрофильный
клинический центр «Коммунарка» ДЗМ», Москва
E-mail: antonvin.foto@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0745-3438>

Юдин Андрей Леонидович

Д. м. н., профессор, заведующий кафедрой лучевой
диагностики и терапии МБФ
E-mail: prof_yudin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0310-0889>

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр
диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»
127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1
Тел.: +7 (495) 276-04-36

Петряйкин Алексей Владимирович

Д. м. н., ведущий научный сотрудник отдела инновационных
технологий
E-mail: alexeypetraikin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
650056, Кемерово, ул. Ворошилова, 22а
Тел.: +7(384) 273-28-39

Зими́на Вера Николаевна

Д. м. н., профессор кафедры фтизиатрии
E-mail: vera-zim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3726-9022>

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

RUDN University
6 Miklukho-Maklaya St., Moscow 117198
Phone: +7 (495) 154-03-33

Olga O. Vinokurova

Candidate of Medical Sciences, Assistant of Infectious Diseases
Department with Training Courses in Epidemiology and
Phthisiology
Email: starinakoh@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5689-7628>

Pirogov Russian National Research Medical University,
Russian Ministry of Health
1 Ostrovityanova St., Moscow 117997
Phone: +7 (495) 434-05-43

Anton S. Vinokurov

Assistant of Department of Radiation Diagnostics and Therapy,
Medical Biology Faculty, Radiotherapist, Kommunarka Moscow
Multidisciplinary Clinical Center, Moscow Health Department
Email: antonvin.foto@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0745-3438>

Andrey L. Yudin

Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department
of Radiation Diagnostics and Therapy, Medical Biology Faculty
Email: prof_yudin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0310-0889>

Scientific Practical Clinical Center of Diagnostics and
Telemedicine Technologies, Moscow Health Department
24, Build. 1, Petrovka St., Moscow 127051
Phone: +7 (495) 276-04-36

Aleksey V. Petryaykin

Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher of Innovative
Technologies Department
Email: alexeypetraikin@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1694-4682>

Kemerovo State Medical University, Russian Ministry of Health
22a, Voroshilova St., Kemerovo 650056
Phone: +7 (384) 273-28-39

Vera N. Zimina

Doctor of Medical Sciences, Professor of Phthisiology
Department
Email: vera-zim@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3726-9022>