

Требования к обеспечению радиационной безопасности беременных женщин в ситуациях планируемого и аварийного облучения

Водоватов А.В.^{1,2}, Чипига Л.А.^{1,3,4}, Библин А.М.¹, Горский Г.А.^{1,5}, Лантух З.А.⁶, Солдатов И.В.⁶, Вишнякова Н.М.^{1,5}

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

⁵ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

⁶ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

Воздействие ионизирующего излучения на беременных женщин способно приводить не только к увеличению вероятности развития стохастических эффектов как женщины, так и будущего ребенка, так и привести к развитию различных пороков развития у ребенка. При переработке нормативных правовых актов Роспотребнадзора в области обеспечения радиационной безопасности при медицинском и аварийном облучении, необходимо актуализировать требования по радиационной защите беременных, основывая их на современных научных эпидемиологических и радиобиологических данных. Цель данной работы — разработать требования к обеспечению радиационной защиты беременных для различных ситуаций облучения. Материалы и методы: Работа основана на систематическом анализе отечественных и международных регулирующих документов, регламентирующих обеспечение радиационной защиты у беременных при медицинском и аварийном облучении, а также содержащих результаты эпидемиологических исследований. Результаты исследования и обсуждение: Результаты анализа показывают, что воздействие ионизирующего излучения на плод или эмбрион ассоциировано с менее чем 2 % врожденных пороков развития, выявленных у новорожденных. В качестве порогового значения, ниже которого достоверно определить детерминированные эффекты, ассоциированные с воздействием ионизирующего излучения, невозможно, принимается 100 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе). Для обеспечения консервативного подхода к радиационной защите беременных в отечественной практике предложено установить граничную дозу для беременных женщин в 50 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе) за период с момента обнаружения беременности до родоразрешения для ситуаций оказания плановой медицинской помощи. Это позволит исключить развитие пороков развития у ребенка и минимизировать вероятность возникновения радиационно-индуцированного рака после рождения. В качестве критерия отнесения к радиационной аварии предложено установить 500 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе). Заключение: Данный подход будет реализован в новой редакции Норм радиационной безопасности и Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности.

Ключевые слова: поглощенная доза, детерминированные эффекты, стохастические эффекты, беременные, радиационная защита, медицинское облучение.

Введение

В медицинской практике при обеспечении радиационной защиты пациентов приоритет уделяется устранению возникновения стохастических эффектов (развития радиационно-индуцированных раков) [1–4]. Диапазоны доз облучения при проведении процедур рентгеновской и радио-

нуклидной диагностики не подразумевают развития детерминированных эффектов даже в ситуациях избыточного и/или необоснованного облучения (переоблучения) пациентов. Возможность развития детерминированных эффектов существует только при проведении интервенционных исследований (лучевые поражения кожи) или процедур лучевой терапии (острые или хронические поражения любых радиочувствительных органов и тканей) [2, 3].

Водоватов Александр Валерьевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vodovatoff@gmail.com

Особые подходы используются при обеспечении радиационной защиты беременных женщин, так как необходимо учитывать как возможность возникновения пороков развития будущего ребёнка, так и увеличение вероятности развития радиационно-индуцированных раков. В связи с этим для беременных женщин устанавливаются более жесткие требования по обеспечению их радиационной защиты, как правило основанные на ограничении доз облучения плода/эмбриона, или исключение (минимизацию) воздействия ионизирующего излучения на плод в отдельные периоды беременности [1–5].

Представленные в отечественных^{1,2} и международных регулирующих документах [1–5] подходы к ограничению облучения беременных являются чрезвычайно консервативными и не в полной мере отражают реальные последствия воздействия ионизирующего излучения (ИИ) на организм беременной женщины. Отдельной проблемой при обеспечении радиационной защиты беременных женщин является стигматизация ИИ, т.е. чрезмерное преувеличение негативных эффектов воздействия ИИ на плод и, как следствие, будущего ребёнка [6–10].

В рамках переработки отечественных нормативных правовых актов в области радиационной безопасности необходимо актуализировать требования к ограничению облучения беременных женщин в ситуациях планируемого и аварийного облучения.

Цель исследования – обоснование актуализированных подходов к обеспечению радиационной защиты беременных пациенток в ситуациях планируемого и аварийного облучения.

Материалы и методы

Работа была основана на анализе данных по различным патологиям, наблюдаемым у беременных, и выявляемых

у новорожденных в течение первого года жизни, а также отечественных и международных требований по обеспечению радиационной защиты беременных в ситуациях планируемого и аварийного облучения. Для этого был выполнен поиск источников из рецензируемых научных журналов в сети PubMed по ключевым словам «radiation protection of pregnant» (радиационная защита беременных); «radiation risks during pregnancy» (радиационные риски при беременности); «pregnancy pathologies» (патологии при беременности); «newborn pathologies» (патологии новорожденных). Для анализа требований к обеспечению радиационной безопасности использовали регулирующие документы МАГАТЭ, МКРЗ, НКРЗ США, отчеты НКДАР ООН, а также отечественные санитарные правила и нормативы.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа литературы показали, что любая беременность сопровождается достаточно высоким фоновым риском для эмбриона и плода в связи с нарушениями репродуктивной функции и развития. Фоновый уровень врожденных пороков развития составляет ~3 % (т.е. при отсутствии радиационного воздействия примерно 3 из каждых 100 рожденных детей имеют выраженные врожденные пороки развития). Незначительные пороки развития, минимально сказывающиеся на здоровье, встречаются еще у ~4 % новорожденных. Прерывание беременности (самопроизвольный аборт, выкидыш) у женщин, которые знают, что они беременны, происходит при примерно 15 % беременностей. Более детальная информация о различных патологиях, возникающих во время беременности, представлена в таблице 1 [11].

Сведения о причинах развития различных патологий у новорожденных в течение первого года жизни представлены в таблице 2.

Таблица 1

Частоты возникновения различных патологий при беременности (адаптировано из [11])

[Table 1]

Frequencies of different types of pathologies in pregnancy (adapted from [11])

Тип патологии [Type of pathology]	Частота на 1000 беременностей [Frequency per 1000 pregnancies]
Иммунологически и клинически диагностированные самопроизвольные аборты (включая случаи, вызванные летальными пороками и хромосомными аномалиями до первого месяца беременности) [Immunologically and clinically diagnosed spontaneous abortions (including cases of lethal malformations or chromosome abnormalities that cause spontaneous abortion before the end of the first month of gestation)]	350
Клинически распознаваемые самопроизвольные аборты (после первой пропущенной менструации) [Clinically recognized spontaneous abortions (after the first missed menstrual period)]	150
Генетические заболевания — мультифакториальные или полигенные (взаимодействие генетики и окружающей среды) [Genetic diseases – multifactorial or polygenic]	90

¹ СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» [Sanitary Regulations and Standards "Hygienic requirements for the design and operation of X-ray machines and the conduct of X-ray examinations. SanPiN 2.6.1.1192-03". (In Russ.)]

² Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 07.07.2009 N 47 «Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-09» (вместе с «НРБ-99/2009, СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Санитарные правила и нормативы») (Зарегистрировано в Минюсте РФ 14.08.2009 N 14534). [Sanitary rules and norms. SanPiN 2.6.1.2523-09. Norms of the radiation safety (NRB 99/2009). Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation 14.08.2009 N 14534. (In Russ.)]

Тип патологии [Type of pathology]	Частота на 1000 беременностей [Frequency per 1000 pregnancies]
Генетические заболевания — доминантно наследуемые [Genetic diseases – dominantly inherited]	10
Генетические заболевания — аутосомно-рецессивные и сцепленные с полом рецессивные заболевания [Genetic diseases - autosomal and sex-linked Mendelian recessive]	1,2
Генетические заболевания — хромосомные аномалии [Genetic diseases - chromosomal abnormalities]	5
Генетические заболевания — новые мутации в развивающихся яйцеклетках или сперматозоидах до зачатия [Genetic diseases - new mutations in the developing ova or sperm prior to conception]	3
Основные врожденные пороки развития (генетические, неизвестной этиологии, средовые) [Major malformations (genetic, unknown, environmental)]	30
Преждевременные роды [Prematurity]	69
Внутриутробная задержка роста [Fetal grown retardation]	30
Мертворождение (на сроке беременности >20 недель) [Stillbirths (>20 weeks)]	12
Бесплодие [Infertility]	7 % пар [pairs]

Таблица 2

Этиология врождённых пороков развития, выявленных в течение первого года жизни (адаптировано из [11])

Table 2

Etiology of congenital malformations observed during the first year of life (adapted from [11])

Предполагаемая причина [Suspected cause]	Доля от общего числа случаев (%) [Percent of total, %]
Неизвестная причина (полигенные, мультифакториальные, спонтанные ошибки развития, синергизм тератогенов) [Unknown (polygenic, multifactorial, spontaneous errors of development, synergistic interactions of teratogens)]	65
Генетическая (аутосомно- и сцепленные с полом менделевские заболевания, хромосомные аномалии, новые мутации) [Genetic (autosomal and sex-linked inherited Mendelian genetic disease, cytogenetic (chromosomal abnormalities), new mutations)]	15 – 25
Воздействие окружающей среды (в целом) [Environmental]	10
Состояния матери (алкоголизм, диабет, эндокринные заболевания, фенилкетонурия, курение, голодание, дефицит питания) [Maternal conditions (alcoholism, diabetes, endocrinopathies, phenylketonuria, smoking and nicotine, starvation, nutritional deficits)]	4
Инфекционные агенты (краснуха, токсоплазмоз, сифилис, папилломавирус, цитомегалловир, ветряная оспа, энцефалит, парвовирус В19) [Infectious agents: rubella, toxoplasmosis, syphilis, herpes simplex, cytomegalovirus, varicella-zoster, Venezuelan equine encephalitis, parvovirus B19]	3
Механические нарушения (деформации: амниотические перетяжки, сдавление пуповины, несоответствие размеров матки и ее содержимого) [Mechanical problems (deformations: amniotic band constrictions, umbilical cord constraint, disparity in uterine size and uterine contents)]	1 – 2
Химические агенты, лекарственные препараты, большие дозы ионизирующего излучения, гипертермия [Chemicals, prescription drugs, high-dose ionizing radiation, hyperthermia]	2

Как следует из таблиц 1 и 2, в популяции наблюдается высокий фоновый уровень развития различных патологий плода (эмбриона); достоверно определить при этом роль воздействия ИИ практически невозможно. У новорожденных лишь незначительная часть (2 %) патологий может быть ассоциирована с воздействием ИИ. Это еще раз подчеркивает преувеличение вклада ИИ в развитие патологий будущего ребенка.

В соответствии с современными научными представлениями о воздействии ИИ на беременных, облучение эмбриона в диапазоне поглощенных доз от 0,15 до 0,20 Гр на предимплантационной и пресомитной стадиях может увеличить риск потери эмбриона [4, 11]. Однако повышение риска врожденных пороков развития или задержки роста у выживших эмбрионов при таких уровнях не наблюдается. Эти результаты

в основном получены в исследованиях на животных-млекопитающих и известны как «феномен «все или ничего».

К детерминированным эффектам воздействия ИИ на плод относятся врожденные пороки развития, умственная отсталость, снижение коэффициента интеллекта (IQ), микроцефалия, нейрорасстройства, судорожные расстройства, замедление роста, задержка роста (роста и веса), а также эмбриональная и фетальная смерть (выкидыш, мертворождение). Возникновение таких эффектов обычно связано с гибелью клеток или серьезным нарушением клеточных функций во время важных этапов развития эмбриона или плода [4, 11]. В таблице 3 представлены различные негативные эффекты для эмбриона/плода для различных диапазонов поглощенных доз для различных сроков беременности [12].

Таблица 3

Негативные эффекты воздействия ионизирующего излучения на плод/эмбрион (адаптировано из [12])

[Table 3]

Negative effects of prenatal ionizing exposure (adopted from [12])

Диапазон поглощенной дозы в плоде (эмбрионе), мГр [Absorbed dose in the fetus (embryo), mGy]	Время после зачатия [Time post conception]				
	До 2 недели [up to 2 weeks]	С 3 по 5 неделю [3 rd to 5 th week]	С 6 по 13 неделю [6 th to 13 th week]	С 14 по 23 неделю [14 th to 23 rd week]	С 24 недели до родов [24 th week to term]
До 100 мГр [< 100 mGy]	Детерминированные эффекты обнаружить невозможно [Deterministic effects non-detectable]				
100–500 мГр [100–500 mGy]	Увеличение риска нарушения имплантации эмбриона. При успешной имплантации негативные эффекты отсутствуют [Increase in the risk of failure to implant. Surviving embryos will probably have no significant (non-cancer) health effects]	Возможны нарушения роста у ребенка [Growth restriction possible]	Возможны нарушения роста у ребенка [Growth restriction possible]	Развитие детерминированных эффектов маловероятно [Deterministic effects are unlikely]	
Более 500 мГр [> 500 mGy]	Высокий риск нарушения имплантации эмбриона. При успешной имплантации негативные эффекты отсутствуют [Failure to implant will likely be high, depending on dose, but surviving embryos will probably have no significant (non-cancer) health effects]	Вероятность выкидыша Вероятность значимых дефектов развития (неврологические нарушения, проблемы с моторикой) Высокая вероятность нарушений роста [Probability of miscarriage may increase. Probability of major malformations, such as neurological and motor deficiencies, increases. Growth restriction is likely]	Увеличение вероятности выкидыша Высокая вероятность нарушений роста [Probability of miscarriage may increase. Growth restriction is likely.]	Увеличение вероятности выкидыша Высокая вероятность нарушений роста [Probability of miscarriage may increase. High probability of growth restriction]	Вероятность выкидыша и мертворождения [Miscarriage and neonatal death may occur]

Следует отметить, что в отличие от механизмов воздействия низких доз ИИ на организм обычного человека, которые достаточно хорошо изучены путём наблюдения за когортами пострадавших при применении ядерного оружия в Хиросиме и Нагасаки, жителей территорий, пострадавших после аварии на комбинате Маяк и Чернобыльской АЭС [13–16], воздействие ИИ на эмбрион (плод) изучено недостаточно. Все современные представления о воздействии ИИ на плод являются консервативными и получены, в первую очередь, в результате экспериментов на животных [4, 11, 13–16]. Проведение биомедицинских исследований, направленных на оценку последствий воздействия ИИ на беременных, ограничено Хельсинской декларацией и принципами биоэтики.

Также нужно помнить, что представления о радиочувствительности отдельных органов и тканей человека могут существенно меняться по мере появления новых научных данных. Так, до 2007 года подразумевалось, что человеческие гонады обладают очень высокой радиочувствительностью. По результатам анализа эпидемиологических данных был сделан вывод о низкой радиочувствительности гонад, и практически полном отсутствии возможных наследственных эффектов в популяции за счёт воздействия ИИ [17].

Несмотря на то, что наличие прямой связи между дозой облучения плода/эмбриона и развитием негативных (детерминированных) эффектов достоверно для людей не подтверждено, консервативным подходом к обеспечению радиационной защиты беременных женщин является ограничение поглощенной дозы в плоде/эмбрионе 100 мГр за период с момента обнаружения беременности до родов [4, 9, 11]. В таком случае вероятность развития детерминированных эффектов будет находиться ниже уровня фонового возникновения таких эффектов в популяции, что считается приемлемым. Проведение прямой корреляции между воздействием ИИ на беременную женщину и возникновением патологии у плода (новорожденного) чрезвычайно затруднительно.

Современные чрезвычайно консервативные подходы к обеспечению радиационной защиты беременных женщин при проведении диагностических рентгеновских процедур, как правило, основаны на преувеличении потенциального вреда от ИИ. Такие консервативные подходы распространены не только в Российской Федерации, но и в зарубежных странах. В частности, подразумевается, что при превышении определенной пороговой дозы в плоде он подвергается неприемлемому ущербу с точки зрения реализации детерминированных эффектов и увеличения риска развития стохастических эффектов [6–11].

Следует отметить, что подходы к ограничению облучения беременных отличаются в зависимости от ситуации облучения. В ситуациях планируемого облучения работников эмбрион или плод рассматриваются в качестве лица из категории населения, эффективная доза для которого не должна превышать соответствующий предел дозы [1, 5]. В ситуациях медицинского облучения пациентов прямые ограничения доз облучения не устанавливаются [2–4]. В ситуациях аварийного облучения в качестве критерия принятия решения выступает прогнозная или полученная эквивалентная доза в плоде за определенный временной период [1, 18]. Сводная информация о различных подходах к ограничению облучения беременных женщин для различных ситуаций облучения представлена в таблице 4.

Как следует из данных, представленных в таблице 4, в отечественных документах представлены самые жесткие требования по обеспечению радиационной защиты беременных: полный запрет на работу с источниками ИИ в период беременности; наличие ограничений доз медицинского облучения. При этом уровни вмешательства при аварийном облучении определены для периода в 2 суток (а не всего периода внутриутробного развития).

Наиболее спорным и проблематичным является обеспечение радиационной защиты беременных женщин в ситуациях медицинского облучения. Преувеличение потенциальной опасности от диагностического медицинского облучения беременных перекрывает основной принцип лечения патологий у беременных: сначала спасаем мать, а потом ребёнка. При этом неприемлемым подразумевается любое диагностическое облучение вне зависимости от диапазона доз облучения и локализации анатомической области исследования: компьютерная томография органов брюшной полости и малого таза для врача-специалиста субъективно эквивалентна по опасности проведению стоматологического исследования или флюорографии органов грудной клетки. Отдельным вопросом является проведение исследований беременных женщин по жизненным показаниям, например, при возникновении тромбоза легочной артерии (ТЭЛА), или при отслойке плаценты. В таком случае риск смерти или существенного ухудшения здоровья пациентки, а также возможного прерывания беременности, многократно превышает риск развития негативных эффектов от воздействия ИИ. При проведении рентгенодиагностических процедур по жизненным показаниям ориентироваться на радиационный риск (и, как следствие, на ограничения доз) нецелесообразно. В этой ситуации все негативные эффекты будут реализовываться спустя длительное время после рождения ребёнка (например, латентный период для большинства радиационно-индуцированных раков составляет 10–15 лет) [17]. При непроведении таких исследований по жизненным показаниям этим негативным эффектам будет не у кого реализовываться [7, 11].

Основным вопросом при обеспечении радиационной защиты беременной женщины является последовательность действий при превышении ограничения дозы облучения плода в 100 мГр (мЗв). Исторически как отечественные¹, так и международные подходы рекомендовали в таких случаях прерывание беременности [19]. При этом какая-либо доказательная база для таких рекомендаций не существует. На текущий момент общепринятым международным подходом является установление в качестве максимально допустимой дозы облучения плода уровень в 100 мГр (500 мГр в США) поглощенной дозы в плоде [4, 7, 11]. Однако международные и национальные регулирующие документы при превышении данного уровня предусматривают исключительно информирование беременной женщины или ее законных представителей. Дальнейшие решения по сохранению или прерыванию беременности в регулирующих документах никак не определяются; сам уровень в 100 (500) мГр поглощенной дозы не является критерием принятия решения или граничной дозой.

Внедрение данных подходов в отечественное законодательство затруднено за счет следующих факторов:

- отсутствие полноценного научного обоснования представленных ограничений доз. Основным предпосылкой системы радиационной защиты является гарантированное

Таблица 4
Table 4

Подходы к ограничению облучения беременных женщин для различных ситуаций облучения

Dose constraints for the pregnant women for different exposure situations

Источник [Source]	Ситуация облучения и группа лиц [Exposure situation and public group]						Аварийное облучение [Emergency exposure]		
	Планируемое облучение [Planned exposure]			Пациенты [Patients]			Население [Public]		
	Дозовая величина [Dose unit]	Численное значение [Value]	Период [Period]	Дозовая величина [Dose unit]	Численное значение [Value]	Период [Period]	Дозовая величина [Dose unit]	Численное значение [Value]	Период [Period]
Регулирующие документы МАГАТЭ [1, 2, 18] [IAEA regulations]	Эффективная доза [Effective dose]	1 мЗв [1 mSv]	С момента обнаружения беременности до родоразрешения [From the beginning of pregnancy to term]				Эквивалентная доза [Equivalent dose]	100 мЗв [100 mSv]	Весь период внутриутробного развития [Whole period of pregnancy]
Европейский союз ³ [European union]	Эффективная доза [Effective dose]	1 мЗв [1 mSv]	С момента обнаружения беременности до родоразрешения [From the beginning of pregnancy to term]			Численных критериев не определено [No numerical values have been established]			
НРКЗ США ⁴ [NCRP USA]	Эффективная доза [Effective dose]	5 мЗв [5 mSv]	С момента обнаружения беременности до родоразрешения [From the beginning of pregnancy to term]			Численных критериев не определено [No numerical values have been established]			
Российская Федерация ³ [Russian Federation]	Работа с источниками ИИ в период беременности не допускается [No activities with sources of ionizing exposure for pregnant women are allowed]			Эффективная доза [Effective dose]	1 мЗв [1 mSv]	2 месяца [2 months]	Поглощенная доза [Absorbed dose]	100 мГр [100 mGy]	2 суток [2 days]

³COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0059> Онлайн-ресурс обращения 21.11.2025] [COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0059> Online resource. (Accessed November 21, 2025)]

⁴Standards for Protection Against Radiation. URL: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/full-text> Онлайн-ресурс. (Дата обращения 21.11.2025) [Standards for Protection Against Radiation. Available from: <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/full-text> Online resource. (Accessed November 21, 2025)]

отсутствие тех или иных негативных эффектов воздействия ИИ. Стопроцентную гарантию отсутствия развития негативных эффектов соблюдение данных ограничений доз обеспечить не может из-за индивидуальной радиочувствительности организма человека и комплексного воздействия прочих негативных факторов в период беременности;

- сам факт возможного облучения беременных вводит в когнитивный диссонанс медицинских специалистов из-за преувеличения потенциальной и реальной опасности воздействия ИИ на организм беременной женщины. Осознанное облучение беременной женщины (даже по жизненным показаниям) для большинства специалистов является субъективно неприемлемым;

- все международные организации крайне деликатно обходят вопрос ограничения доз облучения у беременных женщин, и не готовы выступить с обоснованием того или иного уровня ограничения дозы. Во всех рекомендациях, стандартах и принципах хорошей клинической практики используются ссылки на публикации МКРЗ (имеющие справочно-рекомендательный характер), но конкретное решение об оценке допустимости или недопустимости того или иного облучения принимает специалист. Современные международные подходы к обеспечению радиационной защиты беременных женщин существенно отличаются от привычной практики, существовавшей более чем 20 лет в парадигме отечественной радиационной защиты;

- используемые ограничения доз существенно отличаются от ограничений доз, предъявляемых к облучению беременных женщин, работающих с источниками ИИ. Так, в соответствии с регулирующими документами МАГАТЭ [1, 5], беременной женщине, работающей с источниками ИИ, должна быть обеспечена такая же радиационная защита, как для лиц из категории населения. Эффективная доза у плода не должна превысить 1 мЗв с момента обнаружения беременности до родоразрешения. Таким образом, подходы к диагностическому облучению беременных позволяют облучать их в дозе, на два порядка превышающие допустимые ограничения доз для работающих с источниками ИИ. Также критерий в 100 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе) используется для ситуаций аварийного облучения. Это субъективно затрудняет использование данного критерия для ситуаций планируемого облучения; он воспринимается как чрезвычайно мягкий.

Для решения практической задачи обеспечения радиационной защиты беременных женщин при медицинском облучении в рамках переработки НРБ 99/2009 целесообразно:

- установить граничную дозу для беременных женщин в 50 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе) за период с момента обнаружения беременности до родоразрешения для проведения диагностических рентгенорадиологических процедур в рамках оказания плановой медицинской помощи. Выбор данного значения основан на пороговой дозе для развития возможных пороков развития плода с коэффициентом запаса 2. Это позволит исключить развитие пороков развития у ребенка и минимизировать вероятность возникновения радиационно-индуцированного рака после рождения. Данное ограничение позволяет провести весь необходимый спектр рентгеновских процедур, необходимых при нормальном течении беременности, например, несколько флюорографий, и/или рентгеностоматологических исследований. Данная граничная доза не распространяется на ситуации оказания неотложной или экстренной медицинской помощи (где приоритетом является устранение жизнеугрожающей ситуации), при которых риск развития радиационно-индуцированных эффектов у плода отходит на второй план. Установление граничной дозы для медицинского облучения беременных женщин является чрезвычайно консервативным подходом и не имеет аналогов в международной практике;

- независимо от характера оказания медицинской помощи поглощенная доза в плоде (эмбрионе) должна определяться и регистрироваться при проведении каждой рентгенорадиологической процедуры. При этом необходимо учитывать как поглощенную дозу за процедуру, так и накопленную дозу, например, у беременной женщины, проходящей рентгеновские процедуры в различных медицинских организациях (или в одной, но неоднократно). Без учета такой информации радиационную защиту беременной пациентки обеспечить в должном объеме невозможно;

- информация об ожидаемой и полученной поглощенной дозе в плоде должны представляться беременной женщине и ее законным представителям в рамках процесса обоснования назначения рентгенорадиологической процедуры;

- в качестве критерия аварийного медицинского облучения беременной женщины установить 500 мГр поглощенной дозы в плоде (эмбрионе), соответствующим порогу развития жизнеугрожающих детерминированных эффектов (табл. 3). При этом для принятия управленческих решений в ситуациях аварийного облучения целесообразно сохранить использующийся в международной практике критерий в 100 мГр.

Заключение

Вопросы обеспечения радиационной защиты беременных женщин в различных ситуациях облучения являются чрезвычайно сложными из-за большого количества этических проблем, главным образом – из-за преувеличения последствий воздействия ионизирующего излучения на плод (эмбрион). Показано, что лишь незначительная часть патологий новорожденных может быть ассоциирована с воздействием ионизирующего излучения, а существующие подходы к ограничению облучения беременных являются консервативными и при их соблюдении позволяют избежать развития таковых патологий. Для обеспечения возможности проводить рентгенорадиологические процедуры беременным в плановом порядке целесообразно установить граничную дозу, основанную на пороге выявления детерминированных эффектов в плоде (эмбрионе) с коэффициентом запаса 2, проводить обязательную регистрацию, контроль и учет поглощенных доз, полученных за период беременности за счет медицинского облучения, а также установить критерий аварийного медицинского облучения. При этом защитные меры для ситуаций планируемого и аварийного облучения (не связанных с применением медицинских источников ИИ), используемые в отечественной практике, целесообразно оставить без изменений в связи с их достаточным консерватизмом.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Водоватов А.В. – научное руководство исследованием, определение цели, разработка дизайна исследования, формулировка научных гипотез, обработка и анализ полученных результатов, написание текста.

Чипига Л.А. – поиск и анализ литературы, анализ и интерпретация результатов, редактирование текста статьи.

Библин А.М. – анализ результатов.

Горский Г.А. – анализ результатов.

Лантух З.А. – разработка дизайна исследования, анализ и интерпретация результатов, обсуждение результатов исследования.

Солдатов И.В. – поиск и анализ литературы, описание материалов и методов, перевод.

Вишнякова Н.М. – анализ результатов.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Авторы заявляют об отсутствии источника финансирования.

Литература

1. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. STI/PUB/1578. IAEA: Vienna, 2014. 518 p.
2. Radiation Protection and safety in medical uses of ionizing radiation. Specific safety guide SSG-46. IAEA: Vienna, 2018. 340 p.
3. ICRP Publication 105. Radiation Protection in Medicine. Russian translation under M. Balonov. Saint-Petersburg: NIIRG, 2011. 66 p. (In Russian).
4. ICRP Publication 84. Pregnancy and Medical Radiation // Annals of the ICRP. 2000. Vol. 30, No 1. 62 p.
5. IAEA Safety Standards Series. No. GSG - 7. Occupational Radiation Protection: IAEA, Vienna, 2018. 336 p.
6. Saada M., Sanchez-Jimenez E., Roguin A. Risk of ionizing radiation in pregnancy: just a myth or a real concern? // Europace. 2023. Vol. 25, No 2. P. 270-276. DOI: 10.1093/europace/euac158. PMID: 36125209; PMCID: PMC10103573.
7. Almohammed H.I., Elshami W., Hamd Z.Y. et al. Enhancing radiation safety awareness and practices among female radiographers: a comprehensive approach // BMC Health Services Research. 2024. Vol. 24, No 931. DOI: 10.1186/s12913-024-11369-2.
8. Seven M., Yigin A.K., Agirbasli D., et al. Radiation exposure in pregnancy: outcomes, perceptions and teratological counseling in Turkish women // Annals of Saudi Medicine. 2022. Vol. 42, No 3. P. 214-221. DOI: 10.5144/0256-4947.2022.03.03.1200. Epub 2022 Jun 2. PMID: 35229664; PMCID: PMC9167462.
9. Committee Opinion No. 723: Guidelines for Diagnostic Imaging During Pregnancy and Lactation // Obstetrics & Gynecology. 2017. Vol. 130, No 4. P. e210-e216. DOI: 10.1097/AOG.0000000000002355. Erratum in: Obstetrics & Gynecology. 2018. Vol. 132, No 3. P. 786. DOI: 10.1097/AOG.0000000000002858. PMID: 28937575.
10. Brent R.L. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy // American Journal of Obstetrics & Gynecology. 2009. Vol. 200, No 1. P. 4-24. DOI: 10.1016/j.ajog.2008.06.032. PMID: 19121655.
11. NCRP Report No. 174. Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, 2013. 371 p.
12. Radiation and Pregnancy: Information for Clinicians. Онлайн-ресурс. URL: <https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/hcp/clinical-guidance/pregnancy.html> (Дата обращения: 28.10.2025).
13. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the general assembly, with scientific annexes Annex J Exposures and effects of the Chernobyl accident. United Nations, New-York, 2000. 566 p.
14. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 1977 report to the general assembly, with scientific annexes Annex I Developmental effects of irradiation in utero (New York, United Nations). United Nations, New-York, 1977. 725 p.
15. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2008 report to the general assembly, with scientific annexes Annex C, Radiation exposures in accidents. United Nations, New-York, 2008. 313 p.
16. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report Volume I. Annex A "Medical exposure to ionizing radiation" United Nations, New-York, 2008. 344 p.
17. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: translation from English / edited by M.F. Kiselev, N.K. Shandala. Moscow: «Alana», 2009. 312 p. (In Russian).
18. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, GSR Part 7. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2015.
19. Stieve F.E. Strahlenbedingte teratogene Wirkungen und Schwangerschaftsabbruch [Radiation-induced teratogen effects and therapeutic abortion (author's transl)] // Rontgenblätter. 1976. Vol. 29, No 10. P. 465-482. (In German). PMID: 981896.

Поступила: 29.10.2025

Водоватов Александр Валерьевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; доцент кафедры общей гигиены Санкт-Петербургского государственного педиатрического медицинского университета. **Адрес для переписки:** 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия; E-mail: vodovatoff@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5191-7535

Чипига Лариса Александровна – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории радиационной гигиены медицинских организаций Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; научный сотрудник Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова Министерства здравоохранения Российской Федерации; доцент кафедры ядерной медицины и радиационных технологий Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0001-9153-3061

Библин Артем Михайлович – старший научный сотрудник, руководитель Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Горский Григорий Анатольевич – кандидат медицинских наук, заместитель директора по инновационной работе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева; доцент кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0001-7310-9718

Лантух Зоя Александровна – начальник отдела дозиметрического контроля и медицинской физики, Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-6623-9610

Солдатов Илья Владимирович – начальник испытательной лаборатории, Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

ORCID: 0000-0002-4867-0746

Вишнякова Надежда Михайловна – доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия; профессор, кафедра коммунальной гигиены, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия
ORCID: 0000-0001-7165-4923

Для цитирования: Водоватов А.В., Чипига Л.А., Библин А.М., Горский Г.А., Лантух З.А., Солдатов И.В., Вишнякова Н.М. Требования к обеспечению радиационной безопасности беременных женщин в ситуациях планируемого и аварийного облучения // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 4. С. 31–40. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-4-31-40

Requirements for radiation protection of pregnant women in planned and emergency exposure situations

Aleksandr V. Vodovатов^{1,2}, Larisa A. Chipiga^{1,3,4}, Artem M. Biblin¹, Grigory A. Gorsky^{1,5}, Zoya A. Lantukh⁶, Ilya V. Soldatov⁶, Nadezhda M. Vishnyakova^{1,5}

¹ Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

³ A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

⁴ Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

⁵ I. Mechnikov North Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia

⁶ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia

Radiation exposure of pregnant women can not only increase the likelihood of stochastic effects for both the mother and the unborn child, but lead to the development of various birth defects as well. Revision of Rospotrebnadzor's regulations on radiation protection from medical and emergency exposure requires updating requirements for radiation protection of pregnant women. They should be based on modern scientific epidemiological and radiobiological data. The aim of this study was to develop requirements for radiation protection for pregnant women in various exposure situations. Materials and Methods: This study was based on a systematic review of Russian and international regulatory documents governing radiation protection for pregnant women during medical and emergency exposure, as well as epidemiological studies. Results and Discussion: The results of the analysis indicated that exposure of the fetus or embryo to ionizing radiation is associated with less than 2 % of congenital malformations identified in newborns. A threshold value of 100 mGy of absorbed dose in the fetus (embryo) is accepted as the threshold below which it is impossible to reliably determine deterministic effects associated with exposure to ionizing radiation. To ensure a conservative approach to radiation protection of pregnant women in Russian practice, it has been proposed to establish a dose constraint for pregnant women of 50 mGy of absorbed dose in the fetus (embryo) for the period from the moment of detection of pregnancy until delivery for situations involving routine medical care. Conclusion: This will prevent the development of malformations in the child and minimize the likelihood of radiation-induced cancer after birth. A value of 500 mGy of absorbed dose in the fetus (embryo) has been proposed as the criterion for radiation accidents. This approach will be implemented in the new edition of the Norms of Radiation Safety and the Basic Sanitary Rules for Radiation Safety.

Key words: absorbed dose, deterministic effects, stochastic effects, pregnant women, radiation protection, medical exposure.

Authors' personal contribution

Vodovатов A.V. – scientific management of the study, determination of the aim of the study, development of the study design, formulation of the scientific conjectures, processing, and analysis of results, writing the text of the article.

Chipiga L.A. – search and analysis of literature, analysis and interpretation of the results, editing the text of the article.

Biblin A.M. – analysis of the results.

Gorsky G.A. – analysis of the results.

Lantukh Z.A. – development of the study design, analysis and interpretation of the results, discussion of the results.

Soldatov I.V. – search and analysis of literature, description of materials and methods, translation.

Vishnyakova N.M. – analysis of the results.

Conflict of interests

The authors have no conflicts of interest to disclose.

Sources of funding

The authors declare no sources of funding.

References

1. IAEA Safety Standards Series. No. GSR Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. STI/PUB/1578. IAEA: Vienna; 2014. 518 p.
2. Radiation Protection and safety in medical uses of ionizing radiation. Specific safety guide SSG-46. IAEA: Vienna; 2018. 340 p.

Aleksandr V. Vodovатов

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: 8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com

3. ICRP Publication 105. Radiation Protection in Medicine. Russian translation under M. Balonov. Saint-Petersburg: NIIRG; 2011. 66 p. (In Russian).
4. ICRP Publication 84. Pregnancy and Medical Radiation. *Annals of the ICRP*. 2000;30(1): 62.
5. IAEA Safety Standards Series. No. GSG - 7. Occupational Radiation Protection: IAEA, Vienna; 2018. 336 p.
6. Saada M, Sanchez-Jimenez E, Roguin A. Risk of ionizing radiation in pregnancy: just a myth or a real concern? *Europace*. 2023;25(2): 270-276. DOI: 10.1093/europace/euac158. PMID: 36125209; PMCID: PMC10103573.
7. Almohammed HI, Elshami W, Hamd ZY, Abuzaid MM. Enhancing radiation safety awareness and practices among female radiographers: a comprehensive approach. *BMC Health Services Research*. 2024;24(931). DOI: 10.1186/s12913-024-11369-2.
8. Seven M, Yigin AK, Agirbasli D, Alay MT, Kirbiyik F, Demir M. Radiation exposure in pregnancy: outcomes, perceptions and teratological counseling in Turkish women. *Annals of Saudi Medicine*. 2022;42(3): 214-221. DOI: 10.5144/0256-4947.2022.03.03.1200. Epub 2022 Jun 2. PMID: 35229664; PMCID: PMC9167462.
9. Committee Opinion No. 723: Guidelines for Diagnostic Imaging During Pregnancy and Lactation. *Obstetrics & Gynecology*. 2017;130(4): e210-e216. DOI: 10.1097/AOG.0000000000002355. Erratum in: *Obstetrics & Gynecology*. 2018. Vol. 132, No 3. P. 786. DOI: 10.1097/AOG.0000000000002858. PMID: 28937575.
10. Brent RL. Saving lives and changing family histories: appropriate counseling of pregnant women and men and women of reproductive age, concerning the risk of diagnostic radiation exposures during and before pregnancy. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. 2009;200(1): 4-24. DOI: 10.1016/j.ajog.2008.06.032. PMID: 19121655.
11. NCRP Report No. 174. Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda; 2013. 371 p.
12. Radiation and Pregnancy: Information for Clinicians. Online resource. Available from: <https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/hcp/clinical-guidance/pregnancy.html> (Accessed October 28, 2025).
13. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the general assembly, with scientific annexes Annex J Exposures and effects of the Chernobyl accident. United Nations, New-York; 2000. 566 p.
14. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 1977 report to the general assembly, with scientific annexes Annex I Developmental effects of irradiation in utero (New York, United Nations). United Nations, New-York; 1977. 725 p.
15. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2008 report to the general assembly, with scientific annexes Annex C, Radiation exposures in accidents. United Nations, New-York; 2008. 313 p.
16. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report Volume I. Annex A "Medical exposure to ionizing radiation" United Nations, New-York; 2008. 344 p.
17. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: translation from English / edited by MF Kiselev, NK Shandala. Moscow: «Alana»; 2009. 312 p. (In Russian).
18. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, GSR Part 7. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2015.
19. Stieve FE. Strahlenbedingte teratogene Wirkungen und Schwangerschaftsabbruch [Radiation-induced teratogen effects and therapeutic abortion (author's transl)]. *Röntgenblätter*. 1976;29(1): 465-482. (In German). PMID: 981896.

Received: October 29, 2025

For correspondence: Aleksandr V. Vodovатов – Candidate of Biological Sciences, Head of Laboratory of Radiation Hygiene of Medical Facilities, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Docent, Saint Petersburg State Pediatric Medical University (8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com)
ORCID: 0000-0002-5191-7535

Larisa A. Chipiga – Candidate of Engineering Sciences, Research Fellow, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Research Fellow, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russian Federation; Docent, Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0001-9153-3061

Artem M. Biblin – Senior Research fellow, Head of Information-analytical center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0002-3139-2479

Grigory A. Gorsky – Candidate of Medical Sciences, Deputy Director of the Innovation Work, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing; Docent, I. Mechnikov North Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0001-7310-9718

Zoya A. Lantukh – Head of the Department of Dosimetry and Medical Physics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0001-6623-9610

Ilya V. Soldatov – Head of Laboratory, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia
ORCID: 0000-0002-4867-0746

Nadezhda M. Vishnyakova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights and Human Wellbeing; Professor of the Department of Hygiene of the conditions of education, training, labor and radiation hygiene of North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia
ORCID: 0000-0001-7165-4923

For citation: Vodovатов A.V., Chipiga L.A., Biblin A.M., Gorsky G.A., Lantukh Z.A., Soldatov I.V., Vishnyakova N.M. Requirements for radiation protection of pregnant women in planned and emergency exposure situations. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 4. P. 31–40. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-4-31-40