

Номенклатура медицинских средств противорадиационной защиты, применяемых при крупномасштабных радиационных авариях

Горский Г.А.^{1,2}, Библин А.М.¹, Водоватов А.В.^{1,3}, Вишнякова Н.М.^{1,2}

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

³ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

Широкое использование ядерных и радиационных технологий обуславливает необходимость готовности к реагированию на радиационные аварии. Применение средств, смягчающих негативное воздействие ионизирующего излучения, является одним из важных элементов стратегии управления и минимизации таких рисков, в первую очередь, на ранних фазах крупномасштабных радиационных аварий у лиц, непосредственно осуществляющих аварийное реагирование. Для проведения профилактических и лечебных мероприятий при воздействии на организм ионизирующего излучения (при внешнем, внутреннем или сочетанном облучении) применяются медицинские средства противорадиационной защиты. Цель работы – обоснование выбора и способа применения современных медицинских средств противорадиационной защиты для различных сценариев радиационных аварий. Материалы и методы: Выполнен обзор отечественных и зарубежных научных публикаций, нормативно-методических документов и рекомендаций за 2010–2025 гг. Результаты исследования и обсуждение: Определены основные сценарии, при которых необходимо применение медицинских средств противорадиационной защиты. Определены основные группы препаратов, их механизм действия и назначение в системе медицинской радиационной защиты. Проведено сравнение отечественной и зарубежной номенклатуры средств противорадиационной защиты. Заключение: Установлено, что отечественная номенклатура препаратов является более универсальной и позволяет покрывать более широкий диапазон аварийных ситуаций с источниками ионизирующего излучения по сравнению с зарубежной. Применение специфических препаратов должно определяться в каждом конкретном случае исходя из сценария радиационной аварии, радиационной обстановки, радионуклидного состава выбросов. Вопросам расширения номенклатуры средств противорадиационной защиты и создания их запасов следует уделять особое внимание в рамках мероприятий по обеспечению аварийной готовности.

Ключевые слова: радиационная авария, радиопротекторы, радиомитигаторы, аварийное реагирование, йодид калия, йодная профилактика.

Введение

Широкое применение ядерных и радиационных технологий в различных отраслях экономики, включая электроэнергетику, медицину и промышленное производство, обуславливает необходимость обеспечения готовности к радиационным авариям. Аварии, связанные с выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду, могут представлять значительный риск для здоровья людей и формировать обширные зоны радиоактивного загрязнения территорий. Применение средств, смягчающих негативное воздействие ионизирующего излучения, является одним из важных элементов стратегии управления и минимизации таких рисков, в первую очередь, на ранних фазах крупномасштабных радиационных аварий у лиц, непосредственно осуществляющих аварийное реагирование. Для проведения профилактических и лечебных мероприятий при воздействии на организм ионизирующего излучения

(в условиях внешнего, внутреннего или сочетанного облучения) применяются медицинские средства противорадиационной защиты (СПРЗ), которые включают в себя несколько групп средств: профилактические, лечебно-профилактические и лечебные лекарственные препараты [1]. Ситуации, при которых может потребоваться применения СПРЗ, могут возникнуть в результате множества сценариев: аварий на атомных электростанциях, актов ядерного и радиационного терроризма, ненадлежащего обращения с источниками ионизирующего излучения, проведения процедур лучевой терапии и пр.

К СПРЗ относятся лекарственные препараты и биологически активные добавки, предназначенные для защиты здоровых тканей от повреждающего действия ионизирующего излучения. Механизмы их действия разнообразны: устранение свободных радикалов, усиление процессов репарации ДНК, стимуляцию иммунного ответа, связывание и элиминацию метаболитов, высвобождающихся после облучения,

Библин Артём Михайлович

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: a.biblin@niirg.ru

или связывание инкорпорированных радионуклидов. К сожалению, далеко не все медицинские СПРЗ обладают необходимой специфичностью, а их эффективность определяется своевременностью их применения (до, после или во время облучения).

В случае возникновения радиационной аварии специалисты органов и организаций Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) и медико-санитарных подразделений Федерального медико-биологического агентства (ФМБА России) будут задействованы в мероприятиях по обеспечению радиационной безопасности персонала аварийных объектов и организации медико-санитарной помощи населению на пострадавших территориях [2]. Специалисты в области радиационной гигиены привлекаются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации при выработке и принятии решений о применении СПРЗ (например, йодида калия) на пострадавших территориях, а также организовывают разъяснительную работу с населением, направленную на профилактику самоназначения таких средств или их суррогатов. После проведения радиационного контроля, определения зон радиоактивного загрязнения и уточнения основных путей облучения населения специалисты Роспотребнадзора будут принимать решение о применении населению радиомитигаторов, исходя из сложившейся на территории радиационной обстановки.

Для успешного решения задач по обеспечению радиационной защиты персонала и населения в случае возникновения радиационной аварии специалистам в области радиационной гигиены и радиационной защиты необходимо иметь представление о номенклатуре медицинских СПРЗ, показаниях и схемах их применения.

Цель исследования – обоснование выбора и способа применения современных медицинских средств противорадиационной защиты для различных сценариев радиационных аварий.

Материалы и методы

Был выполнен обзор отечественных и зарубежных публикаций в рецензируемых научных журналах, монографий, учебных пособий, отечественных и международных нормативно-методических документов, рекомендаций и фармакологических справочников по стандартам PRISMA (2009 год).

В обзор включались источники не старше 2010 года. Поиск проходил по ключевым словам: «радиопротекторы» (“radioprotectors”), «радиомитигаторы» (“radiomitigators”), «медицинские средства противорадиационной защиты» (“medical agents for radiation protection”), «терапия лучевых поражений» (“therapy of radiation injuries”), «профилактика радиационных поражений» (“prevention and mitigation of radiation injuries”). Поиск проводился с использованием систем индексирования: eLIBRARY.RU, PubMed, Google Scholar. Результаты поиска проходили валидацию на предмет содержимого публикаций целям исследования. После осуществления поискового запроса в базах данных по ключевым словам, были исключены дублирующие результаты. Затем было рассмотрено текстовое содержание отобранных статей, включая такие параметры как год публикации, дизайн исследований, цель, методология и результаты, после чего произведено второе исключение. Общая выборка составила 1657 публикаций. Из числа найденных публикаций были исключены публикации, посвященные зарегистрированным и использующимся на практике препаратам, и публикации, в которых описаны ситуации острого облучения. В итоговые результаты систематического обзора было включено 22 публикации [1, 3–23].

Результаты и обсуждение

В 2023 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) опубликовала рекомендации по применению СПРЗ при различных сценариях радиационных аварий [3]. Рассматриваемые сценарии связаны с острым внешним и/или внутренним облучением отдельных групп населения. Для удобства восприятия основные положения данного документа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные сценарии, при которых необходимо применение медицинских средств противорадиационной защиты [3]

Table 1

Main scenarios requiring the use of medical countermeasures for radiation protection [3]]

Сценарий [Scenario]	Основные дозообразующие радионуклиды [Main dose-forming radionuclides]	Основные последствия для здоровья [Major health consequences]	Основные защитные средства [Primary protective measures]	Число потенциальных жертв (по данным моделирования) [Estimated number of potential casualties (based on modeling data)]
Авария на атомной электростанции [Accident at a nuclear power plant]	Основной вклад: йод, цезий Дополнительный вклад: плутоний, стронций, другие радионуклиды [Major contribution: iodine, cesium; additional contribution: plutonium, strontium, and other radionuclides]	Внешнее и внутреннее облучение, повышенный риск развития рака [External and internal radiation, increased risk of cancer]	Блокада щитовидной железы препаратами йодида калия [Thyroid blockade with KI]	Все население на загрязненных территориях [Entire population within contaminated areas]

Сценарий [Scenario]	Основные дозообразующие радионуклиды [Main dose-forming radionuclides]	Основные последствия для здоровья [Major health consequences]	Основные защитные средства [Primary protective measures]	Число потенциальных жертв (по данным моделирования) [Estimated number of potential casualties (based on modeling data)]
Ядерный взрыв (менее 10 кТ) [Nuclear explosion (less than 10 kT)]	Различные коротко живущие радионуклиды: йод, цезий, церий, плутоний [Various short-lived radionuclides: iodine, cesium, cerium, plutonium]	Массовые жертвы: смертельные случаи, тепловые ожоги, травмы, сочетанные поражения, острая лучевая болезнь, кожные поражения, повышенный риск развития рака [Mass casualties: fatalities, thermal burns, mechanical injuries, combined lesions, acute radiation syndrome, skin lesions, and increased cancer risk]	Колонии-стимулирующие факторы – для пациентов с острой лучевой болезнью, йодид калия – для членов аварийных бригад [Colony-stimulating factors – for patients with acute radiation syndrome; KI – for members of emergency response teams]	Около 200 тысяч человек для города с населением в 2 миллиона человек [About 200 000 people in a city with a population of 2 million]
Применение «грязной бомбы» [Use of a "dirty bomb"]	Цезий, америций, кобальт, йод, иридиум, полоний, плутоний и другие [Cesium, americium, cobalt, iodine, iridium, polonium, plutonium, and others]	Внешнее загрязнение радиоактивными частицами; попадание радиоактивных частиц в раны; внутреннее облучение [External contamination with radioactive particles; contamination of wounds with radioactive material; internal contamination]	Для внутреннего загрязнения: цезий – ферроцин; америций, плутоний – хелаты на основе DTPA; стронций – альгинаты [For internal contamination: cesium – ferrocin; americium, plutonium – DTPA-based chelates; strontium – alginates]	Около 60 тысяч человек для различных модельных сценариев [Approximately 60 000 people depending on modeled scenarios]
Отравление радионуклидами [Internal contamination with radionuclides]		Внутреннее загрязнение радионуклидами (орган-мишень зависит от конкретного радионуклида) [Internal contamination (organ-specific radiation injury)]		Количество пострадавших зависит от сценариев [Number of affected individuals depends on the scenario]
Радиационная авария с техногенными источниками ионизирующего излучения [Radiation accident involving industrial sources of ionizing radiation]	Все гамма-излучающие радионуклиды [All gamma-emitting radionuclides]	Внешнее облучение в высоких дозах, острая лучевая болезнь [High-dose external exposure, acute radiation syndrome]	Цитокины и факторы роста для пациентов с острой лучевой болезнью [Cytokines and growth factors for patients with acute radiation syndrome]	Отдельные люди [Individual cases]

Как следует из данных, представленных в таблице 1, основными ситуациями, которые потребуют применения СПРЗ являются аварии на объектах использования атомной энергии (например, АЭС) или применение ядерного оружия. В таких случаях обеспечение СПРЗ потребуется одновременно значительному контингенту населения на территории нескольких субъектов Российской Федерации. Применение СПРЗ может быть необходимо также при радиационных авариях, произошедших за пределами Российской Федерации. При таких ситуациях нет гарантии в возможности оперативного получения достоверной информации о развитии радиационной аварии, а также в большинстве случаев

не будет возможности влиять на источник радиоактивного загрязнения. Данное обстоятельство требует подготовки отечественных запасов СПРЗ и четких инструкций по их применению, доведенных до исполнителей.

Реагирование на радиационные аварии с техногенными источниками ионизирующего излучения ассоциировано с меньшим количеством проблем, так как количество пострадавших ограничено, а радиационные поражения носят локальный характер.

Номенклатура основных видов СПРЗ представлена в работе А.Н. Гребенюка и В.Д. Гладких [4] (табл. 2).

Номенклатура медицинских средств противорадиационной защиты [4]

Table 2

Nomenclature of medical agents for radiation protection [4]

Группа/подгруппа противоволневых средств [Group / Subgroup of radioprotective agents]	Лекарственные препараты и субстанции [Pharmaceuticals and substances]
Средства профилактики [Preventive agents]	<p>Радиопротекторы [Radioprotectors]</p> <p>Препарат Б-190 (индралин), цистамин, мексамин, амифостин (этиол, WR-2721, гаммафос), нафазолин, Т1023 и др. [B-190 (Indralin), Cystamine, Mexamine, Amifostine (Ethiol, WR-2721, Gammaphos), Naphazoline, T1023, and others]</p> <p>Средства стимуляции радиорезистентности организма [Agents stimulating radioresistance of the organism]</p> <p>Индометафен, гепарин, рибоксин, гуанозин, глутоксим, моликсан, МИГИ-К, аминокислотно-витаминные комплексы, адаптогены и др. [Indomethafen, Heparin, Riboxin, Guanosine, Glutoxim, Molixan, MIGI-K, amino acid-vitamin complexes, adaptogens, and others]</p>
Лечебно-профилактические средства [Therapeutic and preventive agents]	<p>Радиомитигаторы [Radiomitigators]</p> <p>Беталейкин, тромбофоэтин, вакцины, полисахарида, 5-андростендиол (5-АЕД), флагеллин, генистейн, мелатонин, фенозан калия, диэкол, сезамол, витамин Е и его производные (токоферолы), дезоксинат (деринат), нуклеоспермат натрия, транслам, ксантоzin, кофеин, тималин, тимоген, селенметионин и др. [Betaleukin, Thrombopoietin, vaccines, polysaccharides, 5-androstenediol (5-AED), Flagellin, Genistein, Melatonin, Potassium phenozan, Diekol, Sesamol, vitamin E and its derivatives (tocopherols), Deoxinate (Derinat), sodium nucleosperm, Translam, Xanthosine, caffeine, Thymalin, Thymogen, selen methionine, and others]</p> <p>Средства профилактики и купирования первичной реакции на облучение [Agents for prevention and relief of the primary radiation reaction]</p> <p>Латран (ондансетрона гидрохлорид дигидрат), трописетрон, гранисетрон, палонсетрон, этаперазин, диметправид, метоклопрамид, домперидон и др. [Latran (ondansetron hydrochloride dihydrate), Tropisetron, Granisetron, Palonsetron, Etaperazine, Dimetpravid, Metoclopramide, Domperidone, and others]</p> <p>Средства профилактики поражений от облучения инкорпорированными радионуклидами [Agents for prevention of injuries caused by incorporated radionuclides]</p> <p>Калия йодид, калия перхлорат, ферроцин (калий-железо гексационноферрат), пентацин (кальция тринатрия пентенат), цинкацин, унтиол и др. [Potassium iodide, potassium perchlorate, Ferrocin (potassium ferric hexacyanoferrate), Pentacin (calcium trisodium pentetate), Zincacin, Unithiol, and others]</p>
Средства терапии [Therapeutic agents]	<p>Средства лечения острого костномозгового синдрома острой лучевой болезни [Agents for treatment of acute bone marrow syndrome of acute radiation sickness]</p> <p>Препараты Г-КСФ и ГМ-КСФ, антибиотики широкого спектра действия, противовирусные и противогрибковые препараты, дезинтоксикационные средства, амбен, тромбоцитарная масса, серотонина адипинат, эритромасса и др. [G-CSF and GM-CSF preparations, broad-spectrum antibiotics, antiviral and antifungal drugs, detoxification agents, Amben, platelet mass, serotonin adipinate, erythrocyte mass, and others]</p> <p>Средства лечения местных лучевых поражений [Agents for treatment of local radiation injuries]</p> <p>Антисептики, антибиотики, антиоксиданты, коллагеновые покрытия, лиоксизан-гель, левомеколь и др. [Antiseptics, antibiotics, antioxidants, collagen coatings, Lioxizan-gel, Levomekol, and others]</p>

Как следует из таблицы 2, к СПРЗ принято относить значительное количество групп лекарственных препаратов и биологически активных добавок. Непосредственно к радиопротекторам (т.е. препаратам, повышающим устойчивость организма к действию ионизирующего излучения) относится ограниченное количество соединений. Противорадиационное действие радиопротекторов преимущественно проявляется в снижении пострадиационной смертности облученных организмов, поэтому при сублетальных дозах облучения они не эффективны. Малоэффективны радиопротекторы и при дозах облучения, вызывающих кишечную,

токсемическую и церебральную формы острой лучевой болезни. Основной эффект проявляется в виде снижения последствий костномозгового синдрома (доза облучения всего тела около 1 Гр).

Остальные группы соединений обеспечивают неспецифическую противорадиационную защиту: связывание и выведение из организма инкорпорированных радионуклидов, восстановление кроветворной функции и стимуляция гемопоэза, связывание свободных радикалов, антиоксидантное действие, повышение иммунного статуса. Для решения этих задач, помимо препаратов, представленных в таблице 2,

может использоваться весь спектр зарегистрированных в Российской Федерации лекарственных препаратов и биологически активных добавок со сходными механизмами действия. Применение таких препаратов (за исключением комплексообразователей) должно проводиться по назначению медицинских специалистов, исходя из клинической картины и состояния пострадавших.

Для решения задач радиационной защиты населения могут использоваться различные препараты и соединения

с неспецифическим радиопротекторным механизмом действия. К таким соединениям, как правило, относятся антиоксиданты и стимуляторы неспецифического иммунитета (табл. 3). В качестве примера одного из эффективных средств целесообразно выделить производные 1,4-дигидропиридинов, например: мазь «Диэтон», разработанную Ленинградским научно-исследовательским институтом радиационной гигиены и Институтом органического синтеза АН ЛатвССР [23, 24].

Общая характеристика эффективности радиозащитных препаратов [23]

Таблица 3

General characteristics of the effectiveness of radioprotective agents [23]

Table 3

Испытанные вещества (комплексы, композиции) [Tested substances (complexes, compositions)]		Биологическая эффективность при радиационных поражениях [Biological effectiveness in radiation injuries]
Источник получения и химическая природа [Source and chemical nature]	Торговое или рабочее название [Trade or experi- mental name]	Мембранный-протекторное, противорадикальное, антиоксидантное действие; блокаторы медленных кальциевых каналов, антипротекторные свойства [Membrane-protective, antiradical, and antioxidant activity; slow calcium channel blockers; antiatheroprotective properties]
1,4-дигидропиридины (аналоги никотинамида и никотиновой кислоты). Получены путем химического синтеза, способы которого запатентованы [1,4-Dihydropyridines (analogs of nicotinamide and nicotinic acid). Obtained by chemical synthesis; synthesis methods are patented]	Диэтон, глутапи- рон, карбатон, ти- ратрон [Dieton, Glutapy- rone, Karbaton, Tiatron]	Антиоксидантное, антиканцерогенное, иммуностимулирующее действие [Antioxidant, anticarcinogenic, immunostimulating activity]
Ламинария [Laminaria]	Концентрат ламинарии, кламин, альгиклам [Laminaria Concentrate, Klamin, Algiklam]	Антиоксидантное, антиканцерогенное, иммуностимулирующее действие [Antioxidant, anticarcinogenic, immunostimulating activity]
Зелень хвойных пород [Coniferous plant greens]	Феокарпин, лесмин, хвойный концентрат, хлорофиллин [Feocarpin, Lesmin, Conifer Concentrate, Chlorophyllin]	Ранозаживляющее действие. Стимуляция кроветворения [Wound-healing effect. Stimulation of hematopoiesis]
Яйца перепелов [Quail eggs]	Источник аминокислот и других питательных веществ [Source of amino acids and other nutrients]	Повышение продолжительности жизни. Улучшение иммунологических и гематологических показателей [Increased life expectancy. Improved immunological and hematological parameters]

Испытанные вещества (комплексы, композиции) [Tested substances (complexes, compositions)]			
Источник получения и химическая природа [Source and chemical nature]	Торговое или рабочее название [Trade or experimental name]	Мембранный-протекторное, противорадикальное, антиоксидантное действия; блокаторы медленных кальциевых каналов, антипротекторные свойства [Membrane-protective, antiradical, and antioxidant activity; slow calcium channel blockers; antiatheroprotective properties]	Биологическая эффективность при радиационных поражениях [Biological effectiveness in radiation injuries]
Комбинированное применение различных производных 1,4-ДГП [Combined use of various 1,4-DHP derivatives]		Индатон — глутапирон [Indaton—Glutapirone]	Синергичное действие [Synergistic effect]
Производные 1,4-ДГП совместно с другими радиопротекторами [1,4-DHP derivatives used together with other radioprotectors]		Диэтон + адетурон [Dieton + Adeturone]	Повышение местного защитного эффекта [Enhanced local protective effect]
Производные 1,4-ДГП совместно с природными средствами [1,4-DHP derivatives combined with natural products]		Феокарпин + глутапирон [Feocarpin + Glutapirone]	Усиление гематопротекторного действия [Enhanced hematoprotective effect]

Тем не менее, для решения практических задач противорадиационной защиты населения используется стандартизованный набор препаратов.

Основные медицинские СПРЗ, предназначенные для профилактики и оказания помощи пострадавшим при воздействии ионизирующего излучения, в Российской Федерации представлены в таблице 4.

Таблица 4

Наименование, лекарственные формы, предназначение и схемы применения средств медицинской противорадиационной защиты

[Table 4]

Names, dosage forms, purposes, and administration regimens of medical countermeasures for radiation protection

Наименование [Name]	Лекарственная форма [Dosage form]	Предназначение [Purpose]	Схема применения [Administration regimen]
Б-190 [B-190]	Таблетки по 150 мг [Tablets, 150 mg]	Радиопротектор [Radioprotector]	Внутрь в дозе 450 мг за 15-20 минут до предполагаемого облучения. допускается повторный прием с интервалом 1 час [Orally, 450 mg 15–20 minutes before the expected exposure; repeated administration is allowed at 1-hour intervals.]
Калий йодид [Potassium iodide]	Таблетки по 125 и 40 мг [Tablets, 125 mg and 40 mg]	Средство профилактики накопления радиоактивных изотопов йода в щитовидной железе [Preventive agent for reducing accumulation of radioactive iodine isotopes in the thyroid gland]	Порядок применения КI приведен в таблице 5 [The procedure for KI administration is given in Table 5]
Ферроцин (калий-железо гексационно-феррат) [Ferrocin (potassium ferric hexacyanoferrate)]	Таблетки по 0,5 г [Tablets, 0.5 g]	Средство для связывания и ускорения выведения из организма изотопов цезия [Agent for binding and accelerating the elimination of cesium isotopes from the body]	Внутрь в дозе 1 г 3 раза в день в течение 14-21 сут [Orally, 1 g three times daily for 14–21 days]

Наименование [Name]	Лекарственная форма [Dosage form]	Предназначение [Purpose]	Схема применения [Administration regimen]
Пентацин (кальция тринатрия пентенат) [Pentacin (calcium trisodium pentetate)]	Раствор для внутривен- ного введения и ингаля- ций 50 мг/мл в ампулах по 5 мл [Solution for intravenous in- jection and inhalation, 50 mg/mL in 5 mL am- poules]	Средство для связывания и ускорения выве- дения изотопов урана и трансурани- ческих элементов, плутония, америция, кюрия [Agent for binding and accelerating the elimination of uranium and transuranic elements (plutonium, americium, curium)]	В случае ингаляционного пути поступления радионукли- дов: однократная ингаляция водного раствора 50 мг/мл в течение первых 24 ч после поступления. При других путях поступления: внутривенно медленно (в течение 3-4 минут) или капельно в 100-250 мл 5 % рас- твора дексстозы (глюкозы) или физиологического рас- твора в начальной дозе 1 г (20 мл 5% раствора). Далее, при необходимости, ежедневно по 1 г/сут с назначением поддержки препаратами цинка [If radionuclides are inhaled: single inhalation of 50 mg/mL aqueous solution within 24 h after intake. For other routes of intake: intravenously slowly (over 3-4 min) or by drip infusion in 100-250 mL of 5% dextrose (glucose) or saline solution at an initial dose of 1 g (20 mL of 5% solution); thereafter, if necessary, 1 g per day with zinc supplementation]
Унитиол, димеркарп- рол (Димеркарто- ропансульфат натрия моногидрат) [Unithiol, dimercaprol (sodium dimercaptopropane- 1-sulfonate monohydrate)]	Раствор для внутримы- шечного и подкожного выведения 50 мг/мл в ам- пулах по 5 мл. [Solution for intramuscular or subcutaneous injection, 50 mg/mL in 5 mL am- poules]	Средство для свя- зывания и ускоре- ния выведения изо- топов полония [Agent for binding and accelerating the elimination of po- lonium isotopes]	Внутримышечно 250-500 мг (5-10 мл водного рас- твора 50 мг/мл), из расчета 0,05 г на 10 кг массы тела, в первые сутки – 3-4 раза, во вторые – 2-3 раза, в последующие – 1-2 раза [Intramuscularly 250-500 mg (5-10 mL of 50 mg/mL aqueous solution), calculated as 0.05 g per 10 kg body weight: 3-4 times on the first day, 2-3 times on the second, and 1-2 times on subsequent days]
Ондансетрон (латран, зофран) [Ondansetron (Latran, Zofran)]	Таблетки, покрытые об- олочкой, по 4 мг; раствор для внутривенного и внут- римышечного введения 2 мг/мл в ампулах по 2 и 4 мл [Film-coated tablets 4 mg; solution for intravenous and intramuscular injection 2 mg/mL in 2 and 4 mL am- poules]	Средство профи- лактики и купирова- ния первичной реак- ции на облучение [Agent for prevention and management of the primary radia- tion-induced reaction (nausea and vomit- ing)]	Для профилактики тошноты и рвоты – внутрь в дозе 8 мг за 30-60 мин до возможного облучения. Для купирования и лечения тошноты и рвоты – внутри- мышечно в дозе 4-8 мг или внутривенно медленно в дозе 4-8 мг, затем повторно в той же дозе с интерва- лом 2-4 ч [For prevention of nausea and vomiting: orally 8 mg 30–60 minutes before potential exposure. For treatment of nausea and vomiting: intramuscularly or intravenously (slow injection) at a dose of 4–8 mg, repeated every 2–4 hours as needed]

Одной из ключевых задач при обеспечении радиационной безопасности населения при возникновении крупномасштабной радиационной аварии является защита щитовидной железы от воздействия радиоактивных изотопов йода. Негативный опыт йодной профилактики во время аварии на Чернобыльской АЭС, когда она проводилась несвоевременно и не в должном объеме [25], обуславливает особое внимание к порядку её проведения. В 2017 году ВОЗ был опубликован документ «Блокирование щитовидной железы от поступления радиоактивного йода. Руководство для использования в противоаварийном планировании и аварийном реагировании на радиологические и ядерные чрезвычайные ситуации» [26]. В Советском Союзе первая инструкция по проведению йодной профилактике была разработана в Ленинградском институте радиационной гигиены в 1967 году [27]. Действующие рекомендации были утверждены ФМБА России в 2023 году¹. Критерием для начала

йодной профилактики в соответствии с НРБ 99/2009 является предотвращаемая поглощенная доза за первые 10 суток 250 мГр в щитовидной железе у взрослых и 100 мГр у детей. При таких предотвращаемых дозах решение о проведении йодной профилактики принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий. При предотвращаемых поглощенных дозах на щитовидную железу за 10 суток, превышающих 2,5 Гр для взрослых и 1 Гр у детей, проведение йодной профилактики является безусловно необходимым.

В таблице 5 отображен порядок применения препаратов йодида калия для разных возрастных категорий населения с целью блокирования щитовидной железы.

Эффективность проведения йодной профилактики зависит от времени приема препарата стабильного йода (табл. 6).

¹Методические рекомендации ФМБА России № 91500.12.0002-2023 «Проведение йодной профилактики населению в случае возникновения радиационной аварии» [Methodological Guidelines MR FMBA of Russia No. 91500.12.0002-2023 "Administration of Iodine Prophylaxis to the Population in the Event of a Radiation Accident"(In Russ.)]

Защитный эффект проведения йодной профилактики в зависимости от времени приема препаратов КІ

Таблица 5
[Table 5]

Protective efficacy of stable iodine prophylaxis relative to the timing of administration]

Категория населения [Population category]	Порядок применения КІ [Dosage regimen for potassium iodide]
Взрослые [Adults]	По 1 таблетке (125 мг) один раз в сутки в течение всего срока выброса радиоактивных веществ, но не более 10 суток [1 tablet (125 mg) once per day for the entire duration of radioactive substance release, but not to exceed 10 days]
Дети от 3 до 14 лет [Children (3 to 14 years)]	По ½ таблетки (64 мг) 1 раз в сутки в течение 2 суток [½ tablet (64 mg) once per day for 2 days]
Дети до 3 лет [Children under 3 years]	По ¼ таблетки (32 мг) 1 раз в сутки в течение 5 дней [¼ tablet (32 mg) once per day for 5 days]
Новорожденные дети и находящиеся на грудном вскармливании [Newborns and breastfed infants]	По ¼ таблетки (16 мг) однократно [¼ tablet (16 mg) as a single dose]
Беременные женщины и кормящие матери [Pregnant and lactating women]	По 1 таблетке (125 мг) один раз в сутки в течение 2 суток [1 tablet (125 mg) once per day for 2 days]

Защитный эффект проведения йодной профилактики в зависимости от времени приема препаратов КІ¹Таблица 6
[Table 6]

Protective efficacy of KI prophylaxis as a function of administration time relative to inhalation of radioactive iodine

Временной интервал между приемом КІ и ингаляцией радиоактивного йода, ч [Time interval between KI ingestion and radioactive iodine inhalation, hours]	Степень защиты щитовидной железы, % [Level of Thyroid Protection, %]
-24	70
-8	95
0	97
+2	70-80
+8	40
+24	2

Для минимизации воздействия радиоактивных изотопов йода на щитовидную железу ключевое значение имеет свое-временное употребление препаратов стабильного йода населением на пострадавших территориях. В случае отсутствия таблеток йодида калия, в качестве вынужденной меры могут применяться другие препараты, содержащие йод:

спиртовая настойка йода и раствор Люголя (табл. 7). В связи с более высокой токсичностью атомарного йода, входящего в состав настойки йода и раствора Люголя, по сравнению с таблетированной формой йодида калия, применение этих препаратов возможно в исключительном случае.

Дозировки альтернативных препаратов, содержащих йод, для перорального приёма

Таблица 7
[Table 7]

Dosages of alternative iodine-containing preparations for oral administration

Форма препарата [Dosage form]	Возрастная группа [Age group]		
	Взрослые, включая беременных и кормящих женщин, и подростки (старше 12 лет) [Adults (including pregnant and lactating women) and adolescents (>12 years)]	Дети 0-12 лет [Children (0-12 years)]	Лица старше 45 лет [>45 years]
5% спиртовая настойка йода [5% Iodine tincture]	1 мл или ~ 44 капли в 1/2 стакана молока или воды [1 mL (approx. 44 drops) in 1/2 glass of milk or water]	Не рекомендуется [Not recommended]	Не рекомендуется [Not recommended]
Раствор Люголя [Lugol's solution]	1 мл или ~ 22 капли в 1/2 стакана молока или воды [1 mL (approx. 22 drops) in 1/2 glass of milk or water]	Не рекомендуется [Not recommended]	Не рекомендуется [Not recommended]

В соответствии с утвержденными методическими рекомендациями МЧС России², номенклатура запасов в зонах возможного радиоактивного загрязнения включает в себя радиопротекторы. Комплектация медицинских средств защиты проводится с учетом приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации № 1164н³. В соответствии с Приказом № 1164н, в состав Комплекта индивидуального медицинского гражданской защиты для оказания первичной медико-санитарной помощи и первой помощи, которым обеспечивается личный состав формирований, выполняющий задачи в районах возможного радиоактивного загрязнения (заражения), комплектуется следующими лекарственными препаратами и медицинскими изделиями для оказания первичной медико-санитарной помощи:

1. Противоротные препараты (антагонисты серотонина, средство борьбы с проявлениями первичной реакции на внешнее радиационное воздействие – симптоматическое противоротное средство): ондансетрон (латран): таблетки, покрытые пленочной оболочкой 4 мг – 2 таблетки.

2. Обезболивающие средства (нестероидные противовоспалительные средства с выраженным анальгезирующим действием) – кеторолак: таблетки 10 мг – 1 таблетка или раствор для внутривенного и внутримышечного введения 30 мг/мл, 1 мл в ампуле – 1 ампула.

3. Антидоты (средства профилактики накопления в организме радиоизотопов цезия и других продуктов деления, ускорения их выведения из желудочно-кишечного тракта – комплексообразующие препараты) – Калий-железо гексацианоферрат (ферроцин): таблетки 500 мг – 1 таблетка.

4. Препараты йода для профилактики заболеваний щитовидной железы (средство профилактики накопления радиоактивных изотопов йода в щитовидной железе) – калия йодид: таблетки 125 мг – 1 таблетка.

5. Радиозащитные препараты (альфа-адреномиметик, средство экстренной медицинской защиты при внешнем радиационном воздействии) – индолилметиламиноэтанол (препарат Б-190): таблетки 150 мг – 3 таблетки.

Указанные препараты в различных сочетаниях или совместно определены нормативными и правовыми актами МЧС России, Минздрава России, Министерства обороны России, ФМБА России, Войск национальной гвардии Российской Федерации в качестве средств, обладающих защитным действием и применяемых в случае радиационных аварий или применения ядерного оружия для оказания первичной медико-санитарной помощи населению, ликвидаторам или военнослужащим.

Для сравнения, в зарубежных странах централизованно используются следующие медицинские СПРЗ (табл. 8) [3].

Таблица 8

[Table 8]

Медицинские средства противорадиационной защиты в зарубежных странах

Medical countermeasures for radiation protection in foreign countries]

Препарат [Pharmaceutical Agent]	Канада [Canada]	Германия [Germany]	Франция [France]	Англия [UK]	Япония [Japan]	США [USA]
KI	+	+	+	+	+	+
Ферроцин [Ferrocyn]	-	+	+	-	+	+
Кальциевые или цинковые соли диэтилентриамин-пентауксусной кислоты [Calcium / Zinc Trisodium Diethylenetriamine Pentaacetate]	-	+	+	0	+	+
Альгинаты [Alginates]	0	0	0	0	0	0
Антациды с алюминием [Aluminum-containing antacids]	0	0	0	0	0	0
Бикарбонат натрия [Sodium Bicarbonate]	0	0	0	0	0	0
Филграстим [Filgrastim]	0	0	0	0	0	+
Саграмостим / Молграмостим [Sargramostim / Molgramostim]	-	-	-	0	-	+
Ромиплостим [Romiplostim]	0	0	0	0	0	+

«+» применяется в качестве защитного средства при радиационных поражениях [Approved for use as a countermeasure against radiation injury].

«0» применяется для лечения других патологических состояний, не связанных с радиационными поражениями [Used for the treatment of other pathological conditions not related to radiation exposure].

«-» не применяется [Not used].

²Методические рекомендации по определению номенклатуры и объемов, создаваемых в целях гражданской обороны запасов материально-технических, продовольственных, медицинских и иных средств, накапливаемых федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления и организациями. № 2-4-71-12-11. (утв. МЧС России 29.12.2021 № 2-4-71-12-11) [Methodological Guidelines No. 2-4-71-12-11 on Determining the Nomenclature and Volumes of Civil Defense Stockpiles of Material, Technical, Food, Medical and Other Resources, Accumulated by Federal Executive Authorities, State Authorities of the Subjects of the Russian Federation, Local Self-Government Bodies and Organizations. Approved by EMERCOM of Russia December 29, 2021. (In Russ.)]

³Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28.10.2020 № 1164н (ред. от 22.02.2023) «Об утверждении требований к комплектации лекарственными препаратами и медицинскими изделиями комплекта индивидуального медицинского гражданской защиты для оказания первичной медико-санитарной помощи и первой помощи» [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 1164n of October 28, 2020 (as amended on February 22, 2023) "On Approval of the Requirements for the Stocking of Medicinal Products and Medical Devices in an Individual Civil Defense Medical Kit for the Provision of Primary Health Care and First Aid" (In Russ.)]

Как следует из таблицы 8, номенклатура медицинских СПРЗ, обязательных к накапливанию и применению, несколько отличается от практики Российской Федерации. При этом применение йодида калия является обязательным и в Российской Федерации, и за рубежом. В Германии, Франции, Японии и США также обязательным препаратом является ферроцин. В номенклатуре зарубежных медицинских СПРЗ отсутствуют радиозащитные и противорвотные препараты. Напротив, номенклатура комплексообразователей в них является более широкой: дополнительно применяются альгинаты и различные антациды, направленные на предотвращение (снижение) инкорпорации радионуклидов, поступивших в организм перорально. Также применяется достаточно широкая номенклатура средств для лечения нейтропении, которые в качестве обязательных в номенклатуре отечественных медицинских средств противорадиационной защиты не входят.

В целом отечественная номенклатура препаратов является более универсальной и позволяет покрывать более широкий диапазон аварийных ситуаций с источниками ионизирующего излучения по сравнению с зарубежной номенклатурой.

Заключение

Как следует из представленных материалов, применение СПРЗ является важным компонентом обеспечения радиационной защиты персонала и населения при крупномасштабных радиационных авариях. Несмотря на то, что применение СПРЗ не способно полностью предотвратить избыточное облучение, их применение позволяет снизить дозы облучения в критических органах, снизить степень тяжести радиационных поражений и сократить период восстановления после радиационного поражения.

В настоящей работе рассмотрен широкий перечень медицинских препаратов радиационной защиты населения, которые возможно использовать при возникновении радиационных аварий. Показано, что ограниченный набор препаратов, входящий в обязательную номенклатуру средств СПРЗ, позволяет эффективно решать задачи радиационной защиты населения. Применение специфических препаратов должно определяться в каждом конкретном случае, исходя из сценария радиационной аварии, радиационной обстановки, радионуклидного состава выбросов. Как показано в статье, СПРЗ должны применяться своевременно, поэтому важную роль играет информирование специалистов о способах их применения и обеспечение органов местного самоуправления их необходимыми запасами. Вопросы обеспечения СПРЗ населения, проживающего за пределами зон наблюдения объектов атомной энергетики, а также населения, проживающего вне субъекта Российской Федерации, на территории которого размещены объекты 1 или 2 категории потенциальной радиационной опасности, будут выполнены авторами в следующей статье. Вопросам расширения номенклатура СПРЗ и создания их запасов следует уделять особое внимание в рамках мероприятий по обеспечению аварийной готовности. Требования НРБ-99/2009 в части критериев для принятия решений в начальном периоде радиационной аварии должны быть гармонизированы с международными рекомендациями.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Горский Г.А. – разработка дизайна исследования, написание текста статьи, формирование окончательного варианта статьи.

Библин А.М. – анализ данных, поиск публикаций по теме, написание текста статьи.

Водоватов А.В. – анализ данных, поиск публикаций по теме, написание текста статьи.

Вишнякова Н.М. – анализ данных, написание текста статьи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Работа выполнена в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг. «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» по теме: «Совершенствование системы мероприятий и нормативно-методической базы по обеспечению аварийной готовности и реагирования органов и организаций Роспотребнадзора при возникновении радиационных аварий различных типов с целью оптимизации радиационной защиты населения Российской Федерации».

Литература

1. Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Миляев А.В., Старков А.В. Современная стратегия защитных и медицинских мероприятий при радиационных авариях // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 4. С. 80-88. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-80-88.
2. Самойлов А.С., Романович И.К., Грачев М.И. К вопросу о координации действий сил и средств организаций и учреждений ФМБА России и Роспотребнадзора в чрезвычайных ситуациях радиационного характера // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 3. С. 96-105. DOI 10.21514/1998-426X-2019-12-3-96-105.
3. Халимов Ю.Ш., Гребенюк А.Н., Карамуллин М.А. Современные возможности оказания терапевтической помощи при возникновении массовых санитарных потерь радиационного профиля // Военно-медицинский журнал. 2012. Т. 333, № 2. С. 24–32.
4. Гребенюк А.Н., Легеза В.И., Тарумов Р.А. Радиомитигаторы: перспективы использования в системе медицинской противорадиационной защиты // Военно-медицинский журнал. 2014. Т. 335, № 6. С. 39–43.
5. Islam M., Sultana N., Liu C. et al. Impact of dietary ingredients on radioprotection and radiosensitization: a comprehensive review // Annals of Medicine. 2024. Vol. 56, №1. P. 1-23. DOI: 10.1080/07853890.2024.2396558.
6. Mishra K., Alsbeih G. Appraisal of biochemical classes of radioprotectors: evidence, current status and guidelines for future development // 3 Biotech. 2017. Vol. 7, № 5. P. 1-16. DOI: 10.1007/s13205-017-0925-0.
7. Rump A., Becker B., Eder S. et al. Medical management of victims contaminated with radionuclides after a “dirty bomb” attack // Military Medical Research. 2018. Vol. 5, № 27. P. 1-10. DOI: 10.1186/s40779-018-0174-5.
8. Rump A., Ostheim P., Eder S. et al. Preparing for a “dirty bomb” attack: the optimum mix of medical countermeasure resources // Military Medical Research. 2021. Vol. 8, № 3. P. 1-16. DOI: 10.1186/s40779-020-00291-3.

9. Al-Ibraheem A., Moghrabi S., Abdikadir A. et al. An Overview of Appropriate Medical Practice and Preparedness in Radiation Emergency Response // Cureus. 2024. Vol. 16, № 6. P. e61627. DOI: 10.7759/cureus.61627.
10. Yan T., Lin G., Wang M. et al. Pharmacological treatment of inhalation injury after nuclear or radiological incidents: The Chinese and German approach // Military Medical Research. 2019. Vol. 6, № 1. P. 1-10. DOI: 10.1186/s40779-019-0200-2.
11. Satyamitra M., DiCarlo A., Hollingsworth B. et al. Development of Biomarkers for Radiation Biodosimetry and Medical Countermeasures Research: Current Status, Utility, and Regulatory Pathways // Radiation Research. 2021. Vol. 197, № 5. P. 514-532. DOI: 10.1667/rade-21-00157.1.
12. Pandya J., Stricklin A., Noel C. et al. Health System Preparedness for Nuclear and Radiological Disasters: A Review // Disaster Medicine and Public Health Preparedness. 2025. Vol. 19, P. 1-11. DOI: 10.1017/dmp.2025.8.
13. Nazari S., Baniyaghoobi F., Afzali M. et al. On-Site health management requirements in radiological and nuclear disasters: A systematic review // Trauma Monthly. 2024. Vol. 29, № 1. P. 1003-1019. DOI: 10.30491/tm.2024.401445.1606.
14. Obrador E., Salvador R., Villaescusa J. et al. Radioprotection and Radiomitigation: From the Bench to Clinical Practice // Biomedicines. 2022. Vol. 8, № 11. P. 1-57. DOI: 10.3390/biomedicines8110461.
15. Obrador E., Salvador-Palmer R., Villaescusa J. et al. Nuclear and Radiological Emergencies: Biological Effects, Countermeasures and Biodosimetry // Antioxidants. 2022. Vol. 11, № 6. P. 1098. DOI: 10.3390/antiox11061098.
16. Liu L., Liang Z., Ma S. et al. Radioprotective countermeasures for radiation injury (Review) // Molecular Medicine Reports. 2023. Vol. 27, № 3. P. 1-14. DOI: 10.3892/mmr.2023.12953.
17. Montoro A., Obrador E., Mistry Dh. et al. Radioprotectors, radiomitigators, and radiosensitizers. Radiobiology textbook. Cham: Springer International Publishing, 2023. P. 571-628.
18. Mishra K.N., Moftah B.A., Alsbeih G.A. Appraisal of mechanisms of radioprotection and therapeutic approaches of radiation countermeasures // Biomedicine & Pharmacotherapy. 2018. Vol. 106. P. 610-617.
19. Al-Ibraheem A., Moghrabi S., Abdikadir A. et al. An overview of appropriate medical practice and preparedness in radiation emergency response // Cureus. 2024. Vol. 16, № 6.
20. Nocci M., Bortolin M., Hertelendy AJ. et al. Bridging the preparedness gap: a systematic review of recommended stockpile items for radiological and nuclear emergencies // BMC Emergency Medicine. 2025. Vol. 25, № 1. P. 1-27.
21. National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice. WHO, 2023. 66 p.
22. Гребенюк А.Н., Гладких В.Д. Современное состояние и перспективы разработки лекарственных средств для профилактики и ранней терапии радиационных поражений // Радиационная биология. Радиоэкология. 2019. Т. 59, № 2. С. 132-149. DOI: 10.1134/S0869803119020085.
23. Пономарева Т.В., Кальницкий С.А., Водоватов А.В. Фармакологическая защита пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований // Биотехносфера. 2012. № 3-4 (21-22). С. 2-9.
24. Пономарева Т.В., Романович И.К., Бисениекс Э.А. и др. Дигидропиридины в лечении и профилактике лучевых поражений. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2018. Т. 2. 474 с.
25. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / Под ред. акад. РАН Г.Г. Онищенко и проф. А.Ю. Поповой. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2016. Т. 1. 448 с.
26. Iodine thyroid blocking. Guidelines for use in planning for and responding to radiological and nuclear emergencies. Geneva: WHO, 2017. 46 p.
27. Ильин Л.А., Архангельская Г.В., Лихтарев И.А. Инструкция по проведению йодной профилактики в случае аварии ядерного реактора. Утвержденна МЗ СССР 27 декабря 1967 г.

Поступила: 29.10.2025

Горский Григорий Анатольевич – кандидат медицинских наук, заместитель директора по инновационной 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; доцент кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0001-7310-9718

Библин Артём 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. **Адрес для переписки:** 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия; E-mail: a.biblin@niirg.ru

ORCID: 0000-0002-3139-2479

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, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-5191-7535

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: Горский Г.А., Библин А.М., Водоватов А.В., Вишнякова Н.М. Номенклатура медицинских средств противорадиационной защиты, применяемых при крупномасштабных радиационных авариях // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 4. С. 70–82. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-4-70-82

Nomenclature of radioprotective medical agents for major radiation accidents**Grigory A. Gorsky^{1,2}, Artem M. Biblin¹, Aleksandr V. Vodovatov^{1,3}, Nadezhda M. Vishnyakova^{1,2}**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, Russia² I. Mechnikov North Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia³ Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

The widespread use of nuclear and radiation technologies necessitates preparedness for response to radiological emergencies. The application of medical countermeasures aimed at mitigating the adverse effects of ionizing radiation is a key element of risk management and reduction strategies, particularly during the early phases of large-scale radiation accidents among emergency response personnel. Medical agents for radiation protection are used for preventive and therapeutic purposes in cases of external, internal, or combined exposure. The aim of this study is to substantiate the choice of modern medical countermeasures for radiological protection and their protocols for application across various radiation accident scenarios. Materials and Methods: A review of Russian and international scientific publications, normative and methodological documents, and official guidelines for the period 2010–2025 was conducted. Results and Discussion: The main scenarios requiring the use of medical countermeasures for radiation protection were identified. The principal groups of drugs, their mechanisms of action, and roles within the medical radiation protection system were determined. A comparative analysis of domestic and foreign nomenclature of radiation protection agents was performed. Conclusion: It was established that the Russian nomenclature of medical countermeasures is more universal and covers a wider range of radiological emergency scenarios compared with foreign systems. The choice of specific preparations should be determined case by case, depending on the type of accident, radiological conditions, and radionuclide composition of releases. Expansion of the range and stockpiling of medical countermeasures should be given particular attention as part of emergency preparedness activities.

Key words: *radiation accident, radioprotectors, radiomitigators, emergency response, potassium iodide, iodine prophylaxis.*

Authors' personal contribution

Grigory A. Gorsky designed the study, drafted the manuscript, and prepared the final version.

Artem M. Biblin analyzed data, conducted literature search, prepared draft of the manuscript.

Aleksandr V. Vodovatov analyzed data, conducted literature search, prepared draft of the manuscript.

Vishnyakova N.M. analyzed data, prepared draft of the manuscript.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The work was carried out within the framework of the sectoral program of Rospotrebnadzor for 2021–2025: “Scientific substantiation of the national system for ensuring sanitary and epidemiological well-being, managing health risks and improving the quality of life of the population of Russia” on the topic: “Improvement of the system of measures and regulatory and methodological base to ensure emergency preparedness and response of Rospotrebnadzor bodies and organizations in the event of radiation accidents of various types in order to optimize radiation protection of the population of the Russian Federation”.

References

1. Grebenyuk AN, Legeza VI, Milyaev AV, Starkov AV. Modern strategy of health protection and medical measures in radiation

accidents. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2018;11(4): 80-88. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-4-80-88.

2. Samoilov AS, Romanovich IK, Grachev MI, Salenko YuA, Barkovsky AN, Repin VS, et al. On the issue of coordination of the activities of forces and means of organizations and institutions of the Federal Medical and Biological Agency of Russia and Rospotrebnadzor in emergency situations of a radiation nature. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(3): 96-105. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-3-96-105.
3. Khalimov YuSh, Grebenyuk AN, Karamullin MA, Matveyev SYu, Vlasenko AN. Modern possibilities of therapeutic aid in the time of mass sanitary losses of radiation profile. *Voenno-meditsinskiy zhurnal = Military Medical Journal*. 2012;33(2): 24–32. (In Russian).
4. Grebenyuk AN., Legeza VI., Tarumov RA. Radiomitigators: prospects for use in medical radiation protection. *Voenno-meditsinskiy zhurnal = Military Medical Journal*. 2014;33(6): 39–43. (In Russian).
5. Islam M, Sultana N, Liu C, Mao A, Katsume T, Wang B. Impact of dietary ingredients on radioprotection and radiosensitization: a comprehensive review. *Annals of Medicine*. 2024;56(1): 1-23. DOI: 10.1080/07853890.2024.2396558.
6. Mishra K, Alsbeih G. Appraisal of biochemical classes of radioprotectors: evidence, current status and guidelines for future development. *3 Biotech*. 2017;7(5): 1-16. DOI: 10.1007/s13205-017-0925-0.
7. Rump A, Becker B, Eder S, Lamkowski A, Abend M, Port M. Medical management of victims contaminated with radionuclides after a “dirty bomb” attack. *Military Medical Research*. 2018;5(27): 1-10. DOI: 10.1186/s40779-018-0174-5.

Artem M. Biblin

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

Address for correspondence: 8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: a.biblin@niirg.ru

8. Rump A, Ostheim P, Eder S, Hermann C, Abend M, Port M. Preparing for a “dirty bomb” attack: the optimum mix of medical countermeasure resources. *Military Medical Research*. 2021;8(3): 1-16. DOI: 10.1186/s40779-020-00291-3.
9. Al-Ibraheem A, Moghrabi S, Abdulkadir A, Safi H, Kazzi Z, Al-Balooshi B, et al. An Overview of Appropriate Medical Practice and Preparedness in Radiation Emergency Response. *Cureus*. 2024;16(6): e61627. DOI: 10.7759/cureus.61627.
10. Yan T, Lin G, Wang M, Lamkowski A, Port M, Rump A. Pharmacological treatment of inhalation injury after nuclear or radiological incidents: The Chinese and German approach. *Military Medical Research*. 2019;6(1): 1-10. DOI: 10.1186/s40779-019-0200-2.
11. Satyamitra M, DiCarlo A, Hollingsworth B, Winters T, Taliaferro L. Development of Biomarkers for Radiation Biodosimetry and Medical Countermeasures Research: Current Status, Utility, and Regulatory Pathways. *Radiation Research*. 2021;197(5): 514-532. DOI: 10.1667/rade-21-00157.1.
12. Pandya J, Stricklin A, Noel C, Hockaday S, Russell B, Ryan B, et al. Health System Preparedness for Nuclear and Radiological Disasters: A Review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2025;19: 1-11. DOI: 10.1017/dmp.2025.8.
13. Nazari S, Baniyaghoobi F, Afzali M, Alazmani NF, Jafarkhani M. On-Site health management requirements in radiological and nuclear disasters: A systematic review. *Trauma Monthly*. 2024;29(1): 1003-1019. DOI: 10.30491/tm.2024.401445.1606.
14. Obrador E, Salvador R, Villaescusa J, Soriano J, Estrela J, Montoro A. Radioprotection and Radiomitigation: From the Bench to Clinical Practice. *Biomedicines*. 2020;8(11): 1-57. DOI: 10.3390/biomedicines8110461.
15. Obrador E, Salvador-Palmer R, Villaescusa J, Gallego E, Pellicer B, Estrela J, et al. Nuclear and Radiological Emergencies: Biological Effects, Countermeasures and Biodosimetry. *Antioxidants*. 2022;11(6): 1098. DOI: 10.3390/antiox11061098.
16. Liu L, Liang Z, Ma S, Li L, Liu X. Radioprotective countermeasures for radiation injury (Review). *Molecular Medicine Reports*. 2023;27(3): 1-14. DOI: 10.3892/mmr.2023.12953.
17. Montoro A, Obrador E, Mistry D, Forte GI, Bravatà V, Minafra L, et al. Radioprotectors, Radiomitigators, and Radiosensitizers. In: Baatout S. Ed. *Radiobiology Textbook*. Cham: Springer; 2023. P. 571-628.
18. Mishra K, Moftah B, Alsbeih G. Appraisal of mechanisms of radioprotection and therapeutic approaches of radiation countermeasures. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2018;106: 610-617. DOI: 10.1016/j.biopha.2018.06.150.
19. Al-Ibraheem A, Moghrabi S, Abdulkadir A, Safi H, Kazzi Z, Al-Balooshi B, et al. An Overview of Appropriate Medical Practice and Preparedness in Radiation Emergency Response. *Cureus*. 2024;16(6): 1-16. DOI: 10.7759/cureus.61627.
20. Nocci M, Bortolin M, Hertelendy A, Al Shaikh E, Davis T, Serale M, et al. Bridging the preparedness gap: a systematic review of recommended stockpile items for radiological and nuclear emergencies. *BMC Emergency Medicine*. 2025;25(1): 1-27. DOI: 10.1186/s12873-025-01357-y.
21. National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice. WHO; 2023. 66 p.
22. Grebenyuk AN, Gladkikh VD. Current status and prospects for the development of drugs for the prevention and early treatment of radiation injuries. *Radiatsionnaya biologia. Radioekologiya = Radiation biology. Radioecology*. 2019;59(2): 132-149. (In Russian).
23. Ponomareva TV, Kalnitsky SA, Vodovatov AG. Patients pharmaceutical protection in diagnostic radiology. *Biotehnosfera = Biotehnosfera*. 2012;(3-4): 2-9. (In Russian).
24. Ponomareva TV, Romanovich IK, Bisenieks EA, Vartanyan LP, Ershov EB, Merkushev GN. Dihydropyridines for the Treatment and Prevention of Radiation Injuries. St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor PV Ramzaev; 2018. Vol. 2. 474 p. (In Russian).
25. Radiological and Hygienic Issues of the Mitigation of the Chernobyl NPP Accident Consequences. Ed.: GG Onishchenko, AYu Popova. St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor PV Ramzaev; 2016. Vol. 1. 448 p. (In Russian).
26. Iodine thyroid blocking. Guidelines for use in planning for and responding to radiological and nuclear emergencies. Geneva: WHO; 2017. 46 p.
27. Ilyin LA, Arkhangelskaya GV, Likhtarev IA. Instructions for Iodine Prophylaxis in the Event of a Nuclear Reactor Accident. Approved by the USSR Ministry of Health on 27 December 1967 (In Russian).

Received: October 29, 2025

Grigory A. Gorsky – Candidate of Medical Sciences, Deputy Director of 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; Associate Professor, Department of Hygiene of Conditions of Education, Training, Work and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0001-7310-9718

For correspondence: 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 (8, Mira Str., Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: a.biblin@niirg.ru)

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Aleksandr V. Vodovatov – 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, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-5191-7535

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: Gorsky G.A., Biblin A.M., Vodovatov A.V., Vishnyakova N.M. Nomenclature of radioprotective medical agents for major radiation accidents. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene. 2025. Vol. 18, No. 4. P. 70–82. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-4-70-82