

Анализ медицинского облучения пациентов в рентгеновской диагностике России за полвека наблюдения (1970–2019 гг.)

С.А. Кальницкий¹, Н.В. Целиков²

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 Ленинградская областная клиническая больница, Санкт-Петербург, Россия

На протяжении 50 лет вначале в РСФСР в составе СССР (1970–1980 гг.), затем в Российской Федерации (1990–2019 гг.) авторы занимались вопросами радиационной безопасности при медицинском рентгенодиагностическом облучении пациентов. Читателю предлагается интегральный радиационно-гигиенический анализ 50-летнего медицинского рентгенодиагностического облучения пациентов и населения России с целью информирования и анализа имеющихся данных по наиболее значимому виду использования источников ионизирующего излучения в народном хозяйстве, поскольку на протяжении полвека сменилось несколько поколений людей, радикально изменилась медицинская диагностическая рентгеновская техника и технологии. Приведенные в статье сведения получены на основе радиационно-гигиенической статистики, а также по данным собственных исследований. Материал представлен на федеральном уровне в виде объема проводимых исследований – определяемом количеством рентгенологических процедур, а также уровня медицинского рентгенодиагностического облучения в виде эффективной дозы облучения пациентов России – огромного региона с населением около 150 млн человек, где ежегодно выполнялось около 200 млн рентгенологических процедур, т.е. около 10 млрд рентгенологических процедур за все время наблюдения. За время исследования была сформирована коллективная эффективная доза, равная 6,5 млн чел.-Зв из расчета 100 000 чел.-Зв и выше в год. В работе приведена динамика и структура исследуемых показателей в зависимости от вида излучения, а также его локализации. Показан вклад рентгенодиагностики в общий объем лучевой диагностики, которая динамично развивается. Найдено, что на всем протяжении исследования происходили два разнонаправленных процесса: увеличение числа рентгенологических процедур при одновременном снижении эффективной дозы облучения пациентов. В настоящее время достигнут минимум дозы, после чего началось ее повышение, связанное с использованием новых технологий, преимущественно за счет компьютерной томографии. Определено, что в зависимости от локализации основная лучевая нагрузка при проведении рентгенологических процедур ложится на скелет и органы пищеварения. В целом, представлен громадный по объему и значимый по информативности материал. Полученные на основе столь уникального материала сведения являются представительными и позволяют, во-первых, аналитически исследовать вопросы радиационной защиты пациентов и, во-вторых, планировать стратегию и тактику ее развития.

Ключевые слова: рентгеновская диагностика, пациенты, рентгенологическая процедура, медицинское облучение, эффективная доза, радиационная защита.

Введение

Медицинское применение источников ионизирующей радиации было и остается главным антропогенным фактором облучения населения. Авторы, являясь на протяжении 50 лет непосредственными участниками формирования системы радиационной защиты (РЗ) от медицинского рентгенодиагностического облучения (МРО) пациентов и населения, обладают соответствующей уникальной информацией. За прошедшее время в России была создана и успешно функционирует система радиационной безопасности (РБ), основанная на стратегии (соблюдении безопасных усло-

вий проведения рентгенологических исследований – РЛИ) и тактике (использовании основных способов РЗ пациентов: обоснования и оптимизации) развития.

Особенностью МРО является, во-первых, значительный контингент обследуемых, приравненный практически ко всему населению, во-вторых, реальный и значимый уровень МРО пациентов, участвующих в проведении РЛИ и, в-третьих, отсутствие нормирования облучения пациентов.

Несмотря на развитие нерадиационных методов диагностики, таких как ультразвуковые исследования (УЗИ)

Кальницкий Сергей Анатольевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, ул. Мира 8, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: s.kalnitsky@niirg.ru

и магнитно-резонансная томография (МРТ), рентгенология остается главным средством получения диагностической информации в клинической практике. Более того, в последние годы к ней добавились новые рентгеновские методы, в том числе компьютерная томография (КТ), интервенционная радиология (ИР) и др., отличающиеся высокой информативностью, но одновременно – высокими дозами облучения пациентов. При этом новые диагностические методы добавляются к традиционно используемым, а не заменяют их.

Уровень МРО населения существенным образом зависит от структуры РЛИ, а также от уровня технической оснащенности рентгенологии и степени профессиональной подготовки медицинского персонала, назначающего и выполняющего РЛИ. Статистика показывает, что в настоящее время объем выполняемых рентгенологических процедур (РЛП) в виде числа РЛП на 1000 человек населения (‰) в России и ряде ее регионов является достаточно высоким и составляет в среднем 2000‰, достигая 2500‰ [1]. Столь высокие значения обусловлены, главным образом, огромными масштабами стандартных исследований и наличием массовых профилактических обследований населения, проводимых с целью скрининга туберкулеза органов грудной клетки (ОГК) и рака молочной железы (МЖ) у женщин.

В последнее время на фоне громадных и все увеличивающихся масштабов использования медицинского рентгенорадиологического облучения во всем мире [2] и современных представлений о радиобиологическом действии источников ионизирующего излучения (ИИИ) [3] вызывает интерес долгосрочный анализ уровня МРО в России.

Цель исследования – интегральный радиационно-гигиенический анализ уровня МРО при проведении РЛП в лучевой диагностике России в динамике за длительное (полвека) время наблюдения (1970–2019 гг.).

Задачи исследования

1. Установление объема проводимых исследований в виде числа РЛП.
2. Определение уровня МРО пациентов в виде эффективной дозы (ЭД).
3. Оценка структуры РЛП и коллективной дозы (КД) применительно к виду и локализации облучения.
4. Анализ радиационно-гигиенических показателей.

Материал и методы исследования

В работе проведен радиационно-гигиенический анализ рентгенодиагностических методов исследования и МРО за полвека наблюдения, во-первых, во всем мире и, во-вторых, для России: вначале для РСФСР (1970–1980 гг.), затем для РФ (1990–2019 гг.). В частности, на основании литературных [1,4–10]^{1,2,3}, собственных [11] данных, а также сведений медицинской⁴ и радиационно-гигиенической статистики⁵ определен и проанализирован уровень МРО в России в виде количества выполненных РЛП, индивидуальной дозы (ИД) и КД облучения пациентов и населения, а также их динамики и структуры за 50 лет наблюдения с интервалом исследования в 10 лет. Для этого в советский период использовалась компьютерная программа «Регион» для обработки ежегодных статистических сведений из отчетов ЛПУ регионов (по форме №30)⁶, а в постсоветское время – единая государственная система контроля индивидуальных доз населения (ЕСКИД) с формой статистического наблюдения 3-ДОЗ регионов⁷, где на основе полученной первичной информации рассчитывались все требуемые показатели на федеральном уровне. Окончание исследования 2019 г. обусловлено начавшейся эпидемией вируса COVID-19, значительно изменившей традиционную медицинскую статистику в 2020 г. и в последующем.

Изучены основные виды РЛП: рентгенография, флюорография и рентгеноскопия, в том числе пленочные

¹ Контроль и ограничение доз облучения пациентов при рентгенологических исследованиях. Методические рекомендации. Л., 1988. 26 с. [Control and limitation of radiation doses of patients during X-ray examinations. Guidelines. Leningrad; 1988. 26 p. (In Russ.)].

² Заполнение форм государственного статистического наблюдения 3-ДОЗ. Методические рекомендации. М.: Роспотребнадзор, 2001. [Filling of the Federal state statistical surveillance form No. 3-DOZ. Methodical recommendations the provision of the radiation safety. Approved by the Federal Service for Surveillance on Human Well-being and Consumer Rights Protection – 2001. (In Russ.)].

³ Заполнение форм государственного статистического наблюдения 3-ДОЗ. Методические рекомендации МР № 0100/1659-07-26 от 16.02.2007. М.: Роспотребнадзор, 2007. [Filling of the Federal state statistical surveillance form No. 3-DOZ. Methodical recommendations the provision of the radiation safety. Approved by the Federal Service for Surveillance on Human Well-being and Consumer Rights Protection on February 16, 2007, No. 0100 / 1659-07-26. (In Russ.)].

⁴ Форма статистического наблюдения № 30 «Сведения о медицинской организации в РФ за 20...г.» от 03.08.2018. №483 Росстата. [The Federal state statistical surveillance form № 30 "Information about a medical organization in the Russian Federation in 20 ..." Approved by the Russian Federal State Statistics Service on August 03, 2018, №483 (In Russ.)].

⁵ Форма статистического наблюдения 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских диагностических рентгенорадиологических исследований в РФ за 20...г.» от 16.10.2013. №441 Росстата. [The Federal state statistical surveillance form No. 3-DOZ. Information about patient doses from medical exposure in the Russian Federation in 20 Approved by the Federal Service for Surveillance on Human Well-being and Consumer Rights Protection on October 16, 2013, No441 (In Russ.)].

⁶ Якубовский-Липский Ю.О. Программа для обработки на ЭВМ статистической годовой отчетности ЛПУ региона и оценки уровня радиационной безопасности пациентов и населения при проведении РЛИ (Регион-1А). ЦИФ ГосФАП №50900001184 от 17.01.91. [Yakubovsky-Lipsky YuO. Program for computer processing of statistical annual reports of health care facilities of the region and assessment of the level of radiation safety of patients and population during RLI (Region-1A). CIF GosFAP No. 50900001184 dated 17.01.91. (In Russ.)].

⁷ Постановление Правительства РФ от № 718 от 16 июня 1997 г. «О порядке создания единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан» [Resolution of the Government of the Russian Federation on June 16, 1997 No. 718 «The procedure for creating a unified state system for monitoring and recording individual doses of people exposure.» (In Russ.)]

и цифровые методы, включая современные технологии: КТ и ИР. Рассмотрены основные анатомические локализации РЛИ: ОГК, костно-суставная система (КСС), органы пищеварения (ОПВ) и мочеполовые органы (МПО).

Все исследуемые показатели рассчитывались на 1000 человек населения (промилле, ‰), то есть являлись относительными и позволяли сравнивать их между собой по единой шкале измерений, что дало возможность получать объективную информацию. Данные на одного человека составляют 1/1000 от ‰.

Необходимо отметить, что за прошедшие полвека сменилось несколько дозиметрических понятий: экспозиционной дозы, интегральной дозы, органной дозы (гонадной, костномозговой), эффективной эквивалентной и, наконец, эффективной дозы. В работе в качестве дозы облучения пациентов использовалась ЭД. Расчет ЭД происходил на основе режимов исследования с помощью соответствующих компьютерных программ [12,13] или специальных методик⁸, где в основе лежали вначале полуэмпирические методы, рассчитанные на экспериментальном определении профиля поля, а затем расчетные методы моделирования излучения в антропоморфном гетерогенном фантоме человека. В качестве производных от ЭД рассматривались: средняя доза за одну процедуру (КД/РЛП) и средняя доза на одного человека – (КД/чел). КД выражалась в чел.-мЗв для удобства восприятия и возможности анализа.

Результаты и обсуждение

Следует отметить, что рассматриваемый период сопровождался значительным развитием, во-первых, на-

учных представлений об использовании ИИИ в народном хозяйстве, включая медицину, и, во-вторых, научно-технической революции, характеризующейся совершенствованием рентгеновского оборудования и технологий. Это непосредственно отразилось на величине доз облучения пациентов (табл. 1). В таблице приведена динамика действующих в практике ЭД при основных РЛП за все время наблюдения. Как видно, в общей динамике процедурных доз обращает на себя внимание вначале увеличение стандартных доз, а затем их снижение, связанное с модернизацией рентгенодиагностического оборудования, в том числе с помощью цифровых технологий.

В целом, за время наблюдения в лучевой диагностике происходили два разноплановых процесса в плане воздействия МРО на пациента: во-первых, снижение дозы облучения за счет оптимизации структуры РЛИ, совершенствования оборудования, включая использование цифровых приемников излучения, а также оптимизации условий облучения пациентов, и, во-вторых, ее увеличение – за счет внедрения новых технологий, сопровождающихся в том числе компьютерными методами, особенно КТ.

Особенностью рассматриваемого периода является также тот факт, что все исследуемые процессы происходили в промежуток времени с радиационной аварией на Чернобыльской АЭС в 1986 г., отразившейся на рассматриваемых показателях. В частности, в России были приняты беспрецедентные меры по оптимизации РЗ населения, в том числе по снижению КД от всех ИИИ, включая медицинские, обладающие максимальными резервами снижения дозы. Данное обстоятельство диктовалось необходимостью уменьшить риск суммарного облучения

Таблица 1

Динамика средних эффективных доз облучения пациентов при проведении основных рентгенодиагностических исследований в России за 50 лет наблюдения (мЗв/процедура)

[Table 1

The dynamics of the average effective doses of patients for the most common X-ray examinations in Russia for 50 years (mSv / examinations)]

Анатомическая область [Anatomical area]	Орган [Organ]	Вид исследования [Examination]	1970 г. [1970 y] [°]	1980 г. [1980 y] [¹]	1990 г. [1990 y] [²]	2000 г. [2000 y] [²]	2010 г. [2010 y] [³]	2019 г. [2019 y] [⁴]
Органы грудной клетки [Chest]	Легкие [Lungs]	Рентгенография: [Radiography]: на пленке [Analogue]	0,10	0,09	0,25	0,26	0,18	0,17
		цифровая [Digital]	–	–	–		0,04	0,05
		Флюорография (скрининг): [Fluorography (screening)]: на пленке [Analogue]	0,65	0,50	0,50	0,80	0,37	0,37
		цифровая [Digital]	–	–	–		0,05	0,04
		Рентгеноскопия [Fluoroscopy]	1,50	1,20		1,9/5,7*	3,10	1,30
		КТ[СТ]	–	–	–	11,0	5,90	5,2/12,1 ³
		Интервенционные исследования ¹ [Interventional examinations]	–	–	–	–	19,2	15/28 ⁴

⁸ Методические указания МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль доз облучения у пациентов при проведении рентгенодиагностических медицинских исследований». [MU 2.6.1.2944-11 Control of the effective doses of patients for the medical X-ray examinations. Methodical instructions. (In Russ.)]

Анатомическая область [Anatomical area]	Орган [Organ]	Вид исследования [Examination]	1970 г. [1970 y] [⁶]	1980 г. [1980 y] [¹]	1990 г. [1990 y] [⁷]	2000 г. [2000 y] [²]	2010 г. [2010 y] [³]	2019 г. [2019 y] [⁸]	
Костно-суставная система [Osteoarticular system]	Череп [Skull]	Рентгенография [Radiography]	0,09	0,12	0,12	0,17	0,10	0,07	
		КТ [СТ]	–	–	–	2,00	1,66	1,90	
	Зубы [Teeth]	Рентгенография [Radiography]	–	0,02	–	0,04	0,03	0,02	
		КТ [СТ]	–	–	–	–	0,70	0,60	
	Шейные позвонки [Cervical spine]	Рентгенография [Radiography]	0,18	0,20	0,20	0,22	0,20	0,15	
		Грудные позвонки [Thoracic spine]	Рентгенография [Radiography]	1,18	1,60	1,60	0,60	0,70	0,50
			Рентгенография [Radiography]	1,43	1,20	1,20	1,70	1,00	0,70
			Рентгенография [Radiography]	2,10	1,60	1,60	1,90	0,80	0,79
	Таз, тазобедренные суставы [Pelvis, hip]	Рентгенография [Radiography]	0,70	1,40	1,40	1,10	1,70	1,14	
		Рентгеноскопия пищевода [Fluoroscopy of esophagus]	0,50	1,50	1,50	–	3,50	1,84	
Брюшная полость [Abdomen]		Рентгеноскопия желудка [Fluoroscopy of stomach]	3,45	6,00	6,00	4,6/11*	10,0	8,0	
		Ирригоскопия [Irrigoscopy]	14,4	10,0	10,0	–	20,0	12,0	
КТ [СТ]		–	–	–	14,0	7,30	7,1/23 ³		
Интервенционные исследования [Interventional examinations]	–	–	–	–	20/60 ⁴	15/45 ⁴			
Моче-половые органы [Urogenital organs]	Почки, мочевые пути [Kidneys, urinary tract]	Рентгенография [Radiography]	2,00	1,00	–	0,60	0,54/0,	0,52/0,14	
		Рентгенография ² [Radiography] на пленке [Analogue]	–	–	0,10	0,60	0,09	0,05	
	Молочная железа [Breast]	цифровая [Digital]	–	–	–	–	0,06	0,05	
ВСЕГО [Total]			1,40	0,94	0,79	0,71	0,35	0,31	

¹с УРИ/без УРИ, ²сосудов сердца, ³диагностика – 4 снимка, профилактика – 2, ³с контрастом, ⁴терапия [*with image intensifier/without image intensifier, ¹heart vessels, ²diagnostics -4 images, screening – 2 prevention images, ³with contrast, ⁴therapy]

населения от ИИИ для компенсации аварийного чернобыльского облучения в силу существовавшей зависимости риска облучения от коллективной, а не индивидуальной дозы, как в настоящее время [3].

Следует иметь в виду, что МРО в отечественной рентгеновской диагностике является частью глобальной мировой системы облучения пациентов при использовании ИИИ в медицине [2]. Поскольку рентгенодиагностические методы широко используются в мировой практике на протяжении длительного времени, информация по ним отражена вплоть до самого высокого уровня – Организации

объединенных наций (ООН) в виде докладов НКДАР ООН (табл. 2). За период наблюдения с 1970-х гг., фиксируемый НКДАР ООН, в мире растет как число РЛП (с 1100% до 1600%), так и коллективная доза (с 1,4 млн чел.-Зв до 2,4 млн чел.-Зв в 2000-е гг. в странах с высоким уровнем развития медицины (экономически-развитые страны – ЭРС). С учетом этого средняя индивидуальная доза МРО населения увеличивалась с 1,10 мЗв/чел. до 1,91 мЗв/чел. То есть отмечается повышение уровня МРО.

Поскольку основным аспектом формирования МРО и, следовательно, обеспечения РБ является техничес-

Динамика радиационно-гигиенических показателей в рентгеновской диагностике в России и в мире*

Таблица 2

[Table 2]

The dynamics of radiation-hygienic indicators in X-ray diagnostics in Russia and in the world*

Регион [Region]	Показатель [Indicator]	1970 г. [1970 y]	1980 г. [1980 y]	1990 г. [1990 y]	2000 г. [2000 y]
В мире [in the world]	Население, млн человек [Population, million people]	4200	5000	5290	5800
	Количество рентгеновских аппаратов, на 100 тыс.чел. [The number of X-ray units, per 100 thousand people]	13,5	14,0	13,4	11,3
	Число специалистов, работающих с медицинскими ИИИ, на 100 тыс.чел. [The number of specialists working with medical radiation sources, per 100 thousand people]	2,6	5,3	4,0	6,8
	Число рентгенологических исследований, на 1 тыс.чел. [The number of X-ray examinations, per 1,000 people]	360	400	430	670
	Коллективная доза (чел.-мЗв), на 1 тыс.чел. [Collective dose (men-mSv), per 1,000 people]	357	400	430	530
	Средняя эффективная доза, мЗв/процедура [Average effective dose, mSv / examination]	1,0	1,0	1,0	0,8
	Население, млн человек (вклад от мирового уровня, %) [Population, million people (contribution from the world level, %)]	1220 (29)	1350 (27)	1320 (25)	1510 (26)
экономически развитые страны [economically developed countries]	Количество рентгеновских аппаратов, на 100 тыс.чел. [The number of X-ray units, per 100 thousand people]	45,0	38,0	35,0	29,0
	Число специалистов, работающих с медицинскими ИИИ, на 100 тыс.чел. [The number of specialists working with medical radiation sources, per 100 thousand people]	6,2	7,6	7,2	10,6
	Число рентгенологических исследований на 1 тыс.чел. [The number of X-ray examinations, per 1,000 people]	1150	1230	1230	1740
	Коллективная доза (чел.-мЗв) на 1 тыс.чел. [Collective dose (men-mSv), per 1,000 people]	–	960	1260	1420
	Средняя эффективная доза, мЗв/процедура [Average effective dose, mSv / procedure]	–	1,0	1,2	1,4
Россия [Russia]	Население, млн человек [Population, million people]	130	138	148	147
	Количество рентгеновских аппаратов, на 100 тыс.чел. [Number of X-ray units, per 100 thousand people]	–	17,0	20,9	23,6
	Число специалистов, работающих с медицинскими рентгеновскими ИИИ, на 100 тыс.чел. [The number of specialists working with medical radiation sources, per 100 thousand people]	–	24,3	35,3	31,7

[2,14-16]

кое оснащение лучевой диагностики и, в первую очередь, рентгеновскими аппаратами, их количество и характеристика являются предметом постоянного внимания специалистов в плане обеспечения качества. Соответствующие данные для рентгенологического оборудования в различных странах и в целом в мире также приведены в таблице 2.

Из приведенных данных видно, во-первых, громадные объемы проводимых исследований, соответственно, уровни МРО и, во-вторых, неравномерность распределения средств и методов рентгеновской диагностики в разных странах. В этом отношении следует отметить, что Россия относится к ЭРС.

С учетом вышесказанного, особый интерес представляет радиационно-гигиеническое состояние отечественной лучевой диагностики. В частности, анализ рентгенодиагностических методов исследования за полвека наблюдения в России показал практически посто-

янное увеличение числа РЛП на всех сроках наблюдения с 1065‰ в 1970 г. до 2002‰ в 2019 г. (почти в 2 раза) (табл. 3). Исключением явился период после аварии на чернобыльской АЭС в 1986 г. (когда были предприняты различные способы снижения уровня облучения населения, в том числе за счет ограничения проведения профилактических РЛП) (рис. 1а, б). Наблюдаемое увеличение числа РЛП на всем протяжении исследования обусловлено уровнем заболеваемости и требует отдельного рассмотрения.

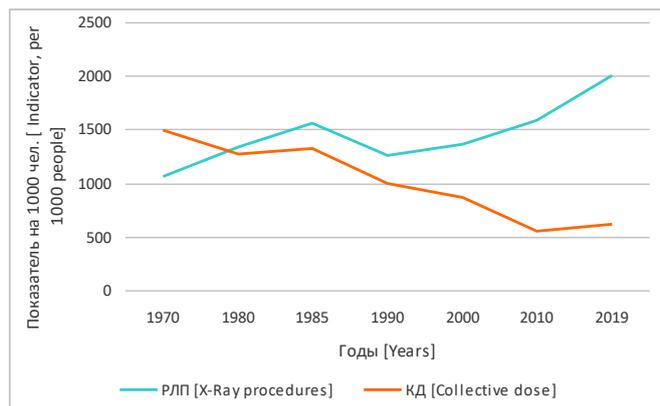
Из приведенных данных видно, что за рассматриваемый период параллельно с ростом числа РЛП сопутствующее МРО постоянно снижалось. Как уже было отмечено, в мировой практике наблюдаются другие закономерности: одновременное повышение числа исследований и дозы облучения, причем наиболее интенсивно в последнее время (рис. 1в) [2,14–16]. Данные закономерности обусловлены иной структурой РЛИ и, в частности, нали-

Таблица 3
[Table 3]

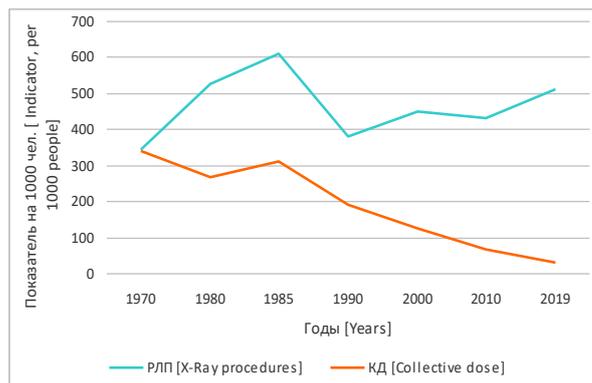
Долгосрочная динамика медицинского облучения пациентов в рентгеновской диагностике в России (1970–2019 гг.) *
The long-term dynamics of patient medical exposure of X-ray diagnostics in Russia (1970–2019) *

Рентгеновские исследования [X-Ray examinations]	Показатель [Indicator]	1970 г. [1970 y]	1980 г. [1980 y]	1990 г. [1990 y]	2000 г. [2000 y]	2010 г. [2010 y]	2019 г. [2019 y]
ВСЕГО [TOTAL]	РЛП, ‰						
	из них профилактических (%) [X-Ray examinations, ‰, including preventive examinations (%)]	1065 344(32)	1340 526(39)	1260 382(30)	1360 449(33)	1575 430(27)	2002 647(32)
	КД (чел.-мЗв) ¹ , ‰	1496	1265	1000	870	550	620
	из них профилактических [Collective dose (men-Sv), ‰, including preventive examinations]	471	265	190	125	80	46
	КД/РЛП, мЗв/проц. [Collective dose/X-Ray examinations, mSv/examin.]	1,40	0,94	0,92	0,68	0,33	0,31
В том числе органы грудной клетки [including chest]	РЛП, ‰						
	из них профилактических (%) [X-Ray examinations, ‰, including preventive examinations (%)]	776 344(44)	848 526(62)	810 382(47)	689 449(65)	743 430(60)	874 508(58)
	КД (чел.-мЗв), ‰	750	501	329	258	128	202
	из них профилактических [Collective dose (men-Sv), ‰, including preventive examinations]	340	265	190	125	64	28
	КД/РЛП, мЗв/проц. [Collective dose/X-Ray examinations, mSv/examin.]	0,97	0,57	0,39	0,72	0,267	0,21
костно-суставная система [Osteoarticular system]	РЛП, ‰ [X-Ray examinations, ‰]	168	241	253	412	647	817
	КД (чел.-мЗв), ‰ [Collective dose (men-Sv), ‰]	90	103	127	144	135(110) ²	197 (195) ²
	КД/РЛП, мЗв/проц. [Collective dose/X-Ray examinations, mSv/examin.]	0,53	0,43	0,45	0,44	0,21	0,21
	РЛП, ‰ [X-Ray examinations, ‰]	77	147	108	73	60	62
Органы пищеварения [Digestive organs]	КД (чел.-мЗв), ‰ [Collective dose (men-Sv), ‰]	650	581	525	320	163	142
	КД/РЛП, мЗв/проц. [Collective dose/X-Ray examinations, mSv/examin.]	8,44	3,95	3,44	2,75	2,72	2,29
	РЛП, ‰	5	6	8	12	116	238
	из них профилактических (%) [X-Ray examinations, ‰, including preventive examinations (%)]	–	–	–	–	34	155
Мочеполовые органы [Urogenital organs]	КД (чел.-мЗв) ¹ , ‰	10	14,0	16,2	22,8	28	54
	из них профилактических [Collective dose (men-Sv), ‰, including preventive examinations]	–	–	–	–	15	18
	КД/РЛП, мЗв/проц. [Collective dose/X-Ray examinations, mSv/examin.]	2,0	0,13	0,15	0,12	0,71	0,23
	РЛП, ‰						

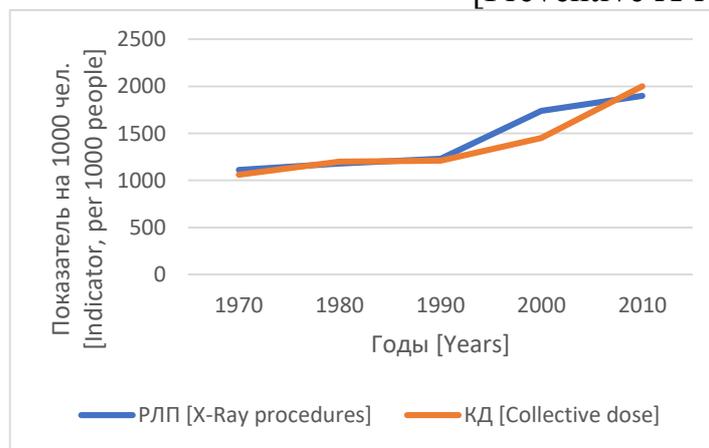
*по данным статистической формы №3-ДОЗ (до 2000г. по форме №30): вначале для РСФСР, а затем для РФ, ¹коллективная доза на 1000 чел.(на основе измеренных доз): соответственно доза на одного человека из населения – КД/чел., мЗв/чел. – в 1000 раз меньше, ²без учета конечностей и зубов [*according to the statistical form 3-DOZ (according to form № 30 up to 2000 year): for the RSFSR, and then for the Russian Federation, collective dose per 1000 people (based on measured doses): accordingly, the dose per person from the population is CD / people, mSv / person - 1000 times less, 2 excluding limbs and teeth]



1а – все РЛП [All X-ray examinations]



1б – профилактические РЛП [Preventive X-ray examinations]



1в – РЛП в экономически-развитых странах [X-ray examinations in economically developed countries]

Рис. 1. Долгосрочная динамика объема диагностических (а) и профилактических (б) РЛП, а также сопутствующего МРО пациентов в рентгеновской диагностике России по сравнению с аналогичными данными в ЭРС (в) в виде числа РЛП (в ЭРС – РЛИ) и КД (чел.-мЗв) облучения пациентов

[Fig. 1. The long-term dynamics of the volume of diagnostic (a) and preventive (b) X-ray examinations, as well as concomitant patient medical exposure in X-ray diagnostics in Russia in comparison with similar data from economically developed countries (c), are presented in the format of the number of X-Ray procedures and collective dose (men-mSv)]

чем большого количества специальных исследований, сопровождающихся повышенным МРО.

Исследование динамики МРО за 50 лет наблюдения в России показало, что реабилитационные мероприятия после аварии на Чернобыльской АЭС способствовали уменьшению числа диагностических РЛП с 1560‰ в 1985г. до 1260 в 1990 г. – более чем на 20% (рис. 1а). Еще более существенным было снижение профилактических исследований за эти же годы с 619‰ до 385‰, т.е. почти на 40% (рис. 1б). Однако в дальнейшем при наличии соответствующей заболеваемости, данные показатели снова стали расти.

Следует отметить, что среди всех лучевых методов исследования массовые профилактические флюорографические обследования населения являются одними из наиболее масштабных и затратных мероприятий в здравоохранении. В качестве единственного возможного метода раннего выявления туберкулеза легких они были внедрены в России (СССР) в 1950–1960 гг. в условиях высокого уровня туберкулезной заболеваемости и неблагоприятных эпидемиологических тенденций. Эта мера в со-

вокупности с другими оздоровительными медицинскими, а также социальными мероприятиями позволила снизить уровень заболеваемости туберкулезом. Однако полностью радикально решить данную проблему в России не удалось до настоящего времени. Поэтому она остается актуальной и сейчас, отчасти благодаря появившимся социальным аспектам.

Вышесказанное особенно актуально, поскольку флюоропрофилактика затрагивает около 1/3 всех РЛП. При этом облучается практически здоровое население, в основном, трудоспособного возраста. Поэтому главная цель радиационной гигиены заключается в снижении здесь уровня облучения пациентов и населения, что и было достигнуто с помощью современных и, в частности, цифровых, технологий. В настоящее время стоит задача повышения информативности профилактических методов обследования с обеспечением соответствующего уровня РБ.

Таким образом, приходится констатировать, что на сегодняшний день имеющаяся система массовой флюорографической профилактики населения является неидеальной и требует своего дальнейшего совершенство-

вания на основе реализации различных современных подходов, в том числе радиационно-гигиенических.

Наряду с вышесказанным, в последние годы в России наметился и другой аспект профилактических рентгенологических исследований и, в частности, маммографических. Дело в том, что не менее важной проблемой в настоящее время является выявление и лечение злокачественных новообразований МЖ у женщин. Данная патология по распространенности занимает в последние годы 1-е место среди всех видов онкологии у женщин.

В этих условиях рентгеновский метод (маммография) по-прежнему остается главенствующим в диагностике и профилактике рака МЖ. Свидетельством тому является тот факт, что коллективная ЭД облучения женщин при проведении маммографии за последние годы (2010–2017 гг.) увеличилась в 2 раза, а с 1990 г. – в 15 раз (см. табл. 3). Данный факт свидетельствует также о необходимости совершенствования здесь методов РЗ, включая оптимизацию.

В ходе эволюции рентгенодиагностики наблюдались экстремальные случаи использования МРО и, в частности, применение в целом ряде случаев необоснованных видов исследований, сопровождающихся высокими дозами облучения пациентов, в том числе профилактической рентгеноскопии, флюоромаммографии, электро-рентгенографии (ксерография) и др., доза на которые в несколько раз превышала средние показатели. Данные исследования практиковались в 1970–1980 гг. и приводили к излишнему облучению пациентов.

В целом, говоря о МРО, следует отметить, что при увеличении общего числа РЛП в лучевой диагностике России в 2 раза уровень МРО за рассматриваемый период (50 лет) снизился с КД (‰) 1500 чел.-мЗв в 1970 г. до 550 чел.-мЗв в 2018 г., то есть почти в 3 раза. При этом КД на процедуру снизилась в 5 раз с 1,40 мЗв до 0,28 мЗв. Объяснением снижению МРО являются совершенствование структуры РЛИ (в основном, за счет сокращения рентгеноскопических исследований), техническая модернизация рентгенодиагностического оборудования и использование оптимальных условий проведения РЛП.

В последние годы после длительного снижения в отечественной лучевой диагностике наметилась тенденция увеличения МРО. Она, в первую очередь, происходит за счет развития компьютерных методов исследований и, в частности, КТ. Следует иметь в виду, что диагностическая информация, получаемая данными методами, значительно превосходит аналогичную других лучевых методов, что подразумевает дальнейшее расширение ее использования. В то же время данные методы сопровождаются значительными лучевыми нагрузками на пациентов (до нескольких десятков мЗв за исследование). Поэтому вопросы обеспечения РБ в данной сфере являются приоритетными.

Задача здравоохранения заключается в нахождении баланса или оптимального уровня использования КТ, а Роспотребнадзора – в контроле МРО и поддержании соответствующего уровня РБ при внедрении новых технологий, поскольку излишнее применение подобных методов диагностики, например, в США привело к многократному увеличению уровня МРО населения, которое впервые достигло уровня природного облучения [2].

То, что в лучевой диагностике вполне можно ограничиться оптимальными объемами КТ, свидетельствует опыт его использования в Великобритании, являющейся законодателем мод в области РЗ [2]. Здесь при небольших объемах КТ успешно и эффективно осуществляется деятельность лучевой диагностики. Сравнение показывает, что в России основная часть РЛИ проводится с помощью менее информативных стандартных (рутинных) исследований, в то время как в Великобритании (как и в других ЭРС) основная диагностическая информация получается с помощью высокоинформативных специальных исследований, в том числе КТ, что свидетельствует о практической возможности разумного использования метода КТ в рентгенологии и тем самым недопущения чрезмерного облучения пациентов.

Между тем, как было показано (см. табл. 3), в России из всех видов диагностических РЛП только КТ растет постоянно и значительно. Так, за последние 10 лет число КТ выросло в 4,8 раза, а КД от нее увеличилась в 4,9 раза, в то время как общее число РЛП увеличилось в 1,5 раза, а суммарная коллективная доза от них снизилась на 5,1%. Если в 2007 г. вклад КТ в число РЛП составлял 1,1%, то через 10 лет в 2017 г. – 3,6%, для КД аналогичные значения составляли 0,01% и 50,5% соответственно.

В данных условиях необходимо не только продолжить работу по дальнейшему совершенствованию РЗ пациентов, но и активизировать ее на основе принципа оптимизации и, в частности, путем внедрения референтных диагностических уровней (РДУ) облучения пациентов, а также расширить применение обоснованности РЛП.

В целом, полувековой анализ наблюдения за динамикой и структурой стандартных РЛП и КД показывает смещение приоритета с высокодозовых исследований (рентгеноскопии) в 1970 г. на низкодозовые (рентгенографию) в 2019 г. (рис. 2, см. табл. 3). В частности, объем рентгеноскопии сократился с 38% (в 1960-х гг. – 54%) до 0,5% в 2019 г., а в дозе – с 60% до 5,2%. В то же время за счет увеличения числа рентгеновских снимков объем рентгенографии, составлявшей ранее около 20%, увеличился в 3 раза и достиг максимума (65%), а вклад дозы от нее, составляя 27% и пройдя максимум в 56% в 2000г., снизился до 17% (рис. 2б).

В последние годы стали превалировать специальные исследования, в том числе КТ, которая при вкладе в объем исследований всего 4,6% обуславливает дозу 60,2%, и ИР, которая при объеме менее 1% создает дозу, равную 11,8% (рис. 2б).

Поэтому представляло интерес определить тенденции изменения объема проводимых РЛП и уровня МРО для основных локализаций РЛИ на протяжении столь длительного срока наблюдения. Соответствующие данные приведены в таблице 3. и на рисунках 3 и 4.

Следует отметить, что при исследовании облучения различных органов и структур организма человека здесь наблюдаются различные тенденции (см. табл. 3). Во-первых, около половины всех исследований (44%) в настоящее время приходится на ОГК, и это положение стабильно сохраняется на всех сроках исследования (см. рис. 4а). Кроме того, из всех РЛП ОГК более половины (58%) осуществляются с профилактической целью. В данной сфере более всего нашли свое отражение ограничительные меры от последствий аварии на ЧАЭС.

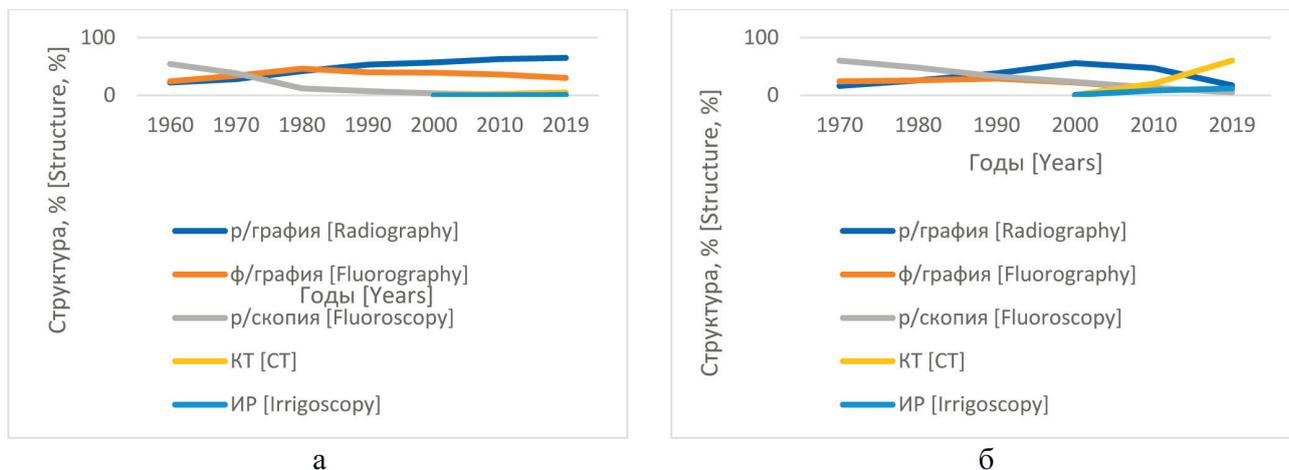


Рис. 2. Изменение структуры РЛП (а) и ЭД (б) в лучевой диагностике в России
[Fig. 2. The change in the structure of X-Ray examinations (a) and effective doses (b) in radiation diagnostics in Russia]

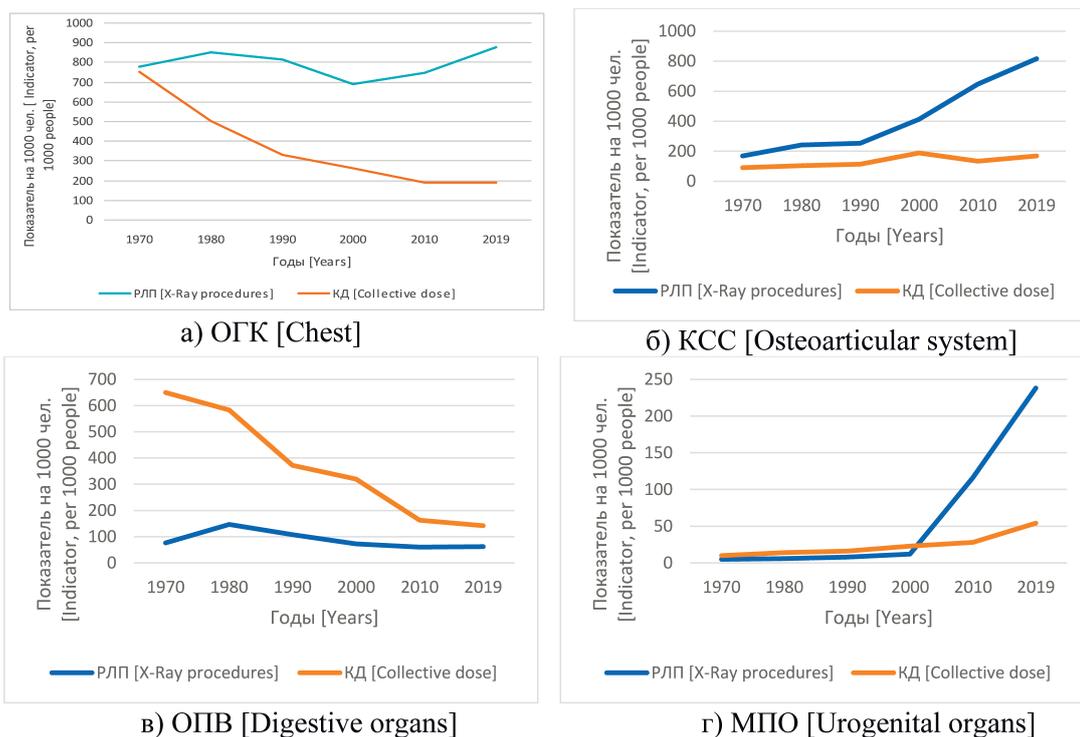
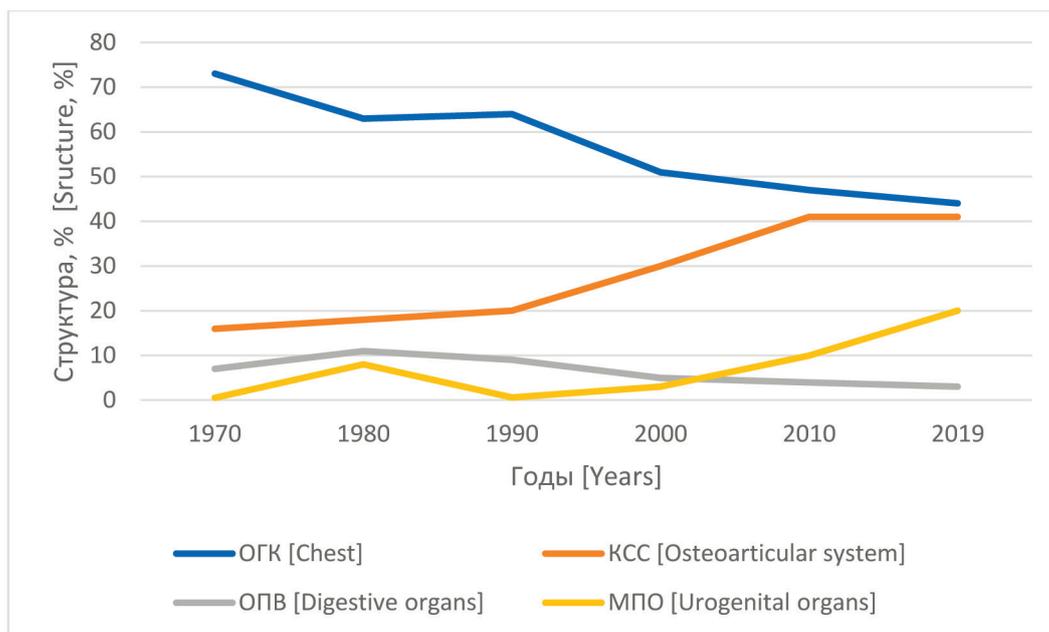
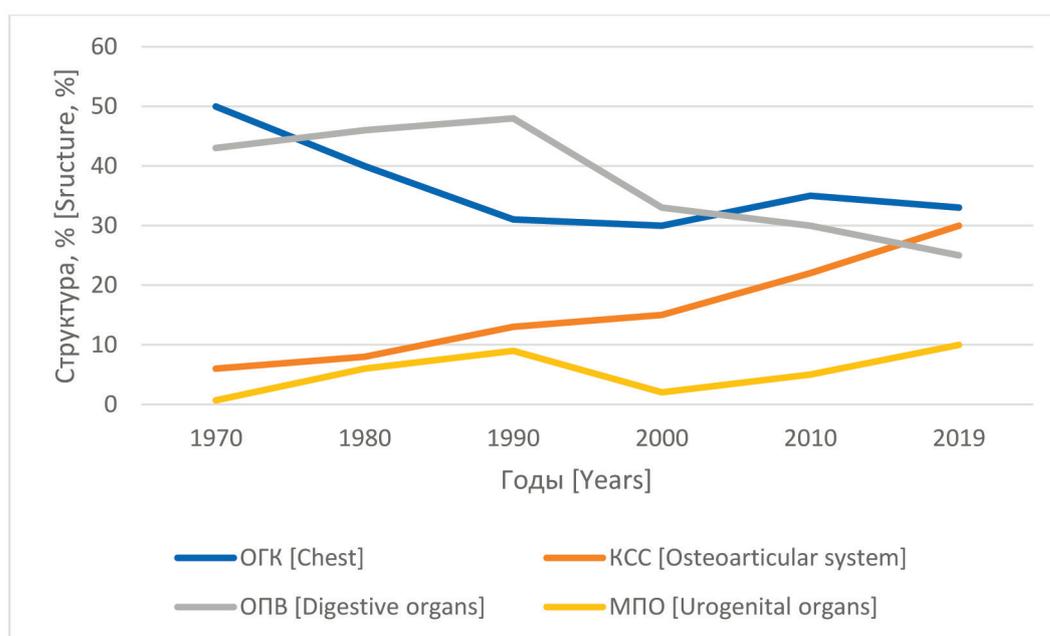


Рис. 3. Долгосрочная динамика числа РЛП и уровня МРО пациентов (чел. -мЗв) в рентгеновской диагностике в России при исследовании: (а) ОГК, (б) КСС, (в) ОПВ, (г) МПО
[Fig. 3. The long-term dynamics of the number of X-Ray examinations and the level of patient medical exposure (men-mSv) in X-ray diagnostics in Russia for: (a) chest, (b) osteoarticular system, (c) digestive organs, (d) urogenital organs]



а) РЛП [X-ray procedures]



б) ЭД [Effective doses]

Рис. 4. Динамика локализации РЛП (а) и ЭД (б) в лучевой диагностике в России
[Fig. 4. The dynamics of localization of X-Ray procedures (a) and effective doses (b) in X-Ray diagnostics in Russia]

В то же время в плане МРО ОГК следует отметить, что оно постоянно снижалось, а средние дозы от разных видов облучения ОГК (скопия, графия и т.д.) за процедуру (0,21 мЗв) и на человека (0,19 мЗв) являются невысокими, что свидетельствует в целом о благоприятном состоянии здесь условий РЗ. В последние годы наметилась тенденция увеличения МРО ОГК, в основном, за счет использования КТ.

Примерно такой же невысокий уровень МРО наблюдается и при исследовании КСС. Средняя процедурная доза здесь равняется 0,21 мЗв, а доза на человека – 0,17 мЗв (рис. 3б). Но число РЛП постоянно растет и особенно значимо в последние годы (с 1990 г. по 2019 г. – в 3,2 раза).

Такая же тенденция, но при меньшем числе РЛП (240‰), более значительном их росте (с 1990 по 2019 г.

в 30 раз) и еще более низком уровне МРО (доза на процедуру – 0,23 мЗв, доза на человека – 0,05 мЗв) наблюдается и при исследовании МПО (см. рис. 3г). Здесь основной вклад и в объем исследований, и в дозу облучения пациентов вносят РЛП МЖ, особенно в последнее время с внедрением скрининга рака МЖ.

Наиболее существенными являются дозы при исследовании ОПВ (см. рис. 3в). В настоящее время в среднем они составляют 2,3 мЗв за процедуру, при этом значительно снизившись за время наблюдения при практически неизменном незначительном объеме исследований.

Таким образом, суммируя общую картину наблюдаемых изменений, следует отметить, что из всех органов человека основной вклад в объем РЛП вносит обследование легких и ранее, и сейчас (см. рис. 4). Это вполне объяснимо, поскольку здесь к числу диагностических РЛП добавляется значительная часть профилактических исследований. Соответственно, максимальный вклад вносит и облучение легких (33% от суммарного). И если за 40 последних лет вклад РЛП ОГК снизился незначительно (на 20%), несмотря на некоторое повышение абсолютного числа РЛП, то снижение дозы в абсолютных числах было более существенным (в 4 раза).

За последние 30 лет объем РЛП КСС увеличился в 4 раза и практически достиг уровня ОГК, в то время как вклад дозы облучения от нее увеличился в 2 раза и также почти сравнялся с уровнем ОГК. Объем исследований

ОПВ практически не изменился, а доза от них уменьшилась в 4,5 раза. В то же время количество МПО значительно (в 50 раз) возросло, в основном, в последние годы из-за внедрения скрининга рака МЖ, а доза от них увеличилась всего в 2 раза.

Таким образом, в 2 локализациях из 4 (КСС и МПО) существенно увеличилось число исследований при незначительном увеличении дозы облучения пациентов. В 2 других локализациях (ОГК и ОПВ) число исследований практически не изменилось, а дозы облучения в несколько раз снизились. То есть при разных локализациях исследований различным образом менялось МРО. Следовательно, с точки зрения радиационной гигиены необходимо отслеживать данные процессы, чтобы обеспечивать здесь требуемые условия РБ.

Для объективного видения динамики РЛП пациентов представляло интерес установить, какими рентгенологическими способами обследовались те или иные органы и ткани организма человека. Это дает возможность представить интегральную оценку использования рентгеновского излучения. На рисунке 5 приведены объемы и дозы облучения пациентов при различных видах исследования для всех основных локализаций облучения человека в настоящее время.

Показано, что большинство стандартных обследований пациентов проводятся при основных локализациях традиционными методами: рентгенографии (65%) и флю-

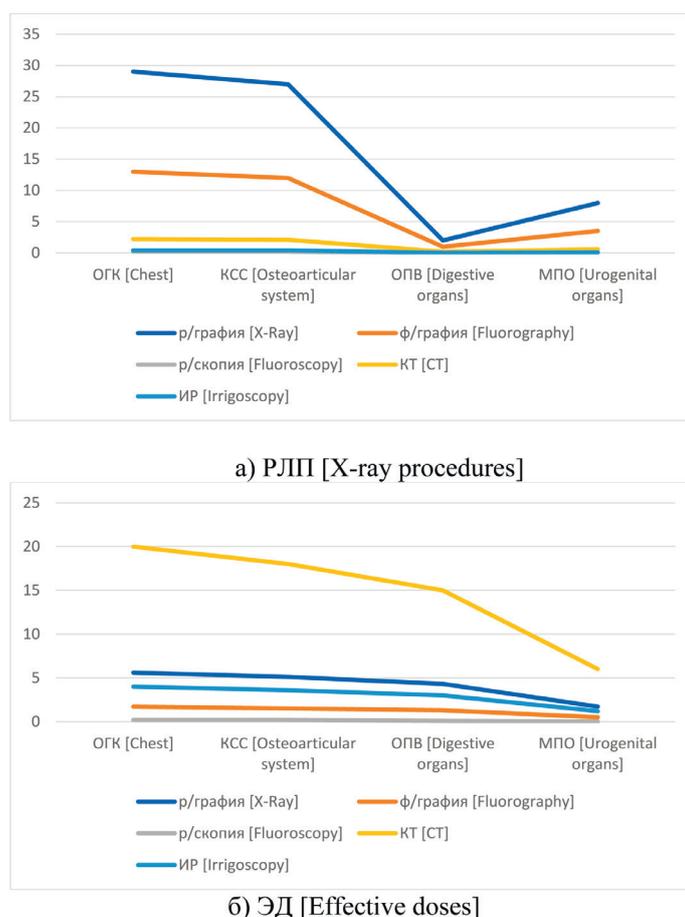


Рис. 5. Соотношение вида и локализации РЛП (а) и ЭД (б) в лучевой диагностике в России в 2019 г.
[Fig. 5. The ratio of the type and localization of X-Ray procedures (a) and effective doses (b) in X-Ray diagnostics in Russia in 2019]

орографии (29%), в общей сложности обуславливающих свыше 94% всех РЛИ. При этом максимальный вклад вносят исследования ОГК и КСС (всего 85%), где, помимо вышеуказанных методов исследований, в последнее время добавляется КТ.

Говоря об уровне МРО в настоящее время, необходимо отметить, что максимальный вклад в КД в рентгеновской диагностике составляют: КТ (60%), причем для всех локализаций, рентгенография (17%) и ИР (12%) (всего 87%). В основной своей части вклад дозы приходится на ОГК (33%), КСС (30%) и ОПВ (25%) (всего 87%).

Таким образом, в радиационно-гигиеническом плане, в первую очередь, заслуживают внимания именно вышеуказанные локализации при обследовании пациентов. На эти исследования должно быть направлено повышенное внимание в плане обоснованности исследований и оптимизации облучения.

В целом, давая интегральную оценку уровню МРО в отечественной лучевой диагностике на протяжении 50 лет, следует отметить, что здесь в разных ее областях

постоянно происходят количественные и качественные изменения как радиационно-гигиенических, так и медицинских показателей, что также требует пристального внимания.

Необходимо иметь в виду, что рентгеновская диагностика является частью лучевой диагностики, куда, помимо радиационных методов исследования, включающих также радионуклидную диагностику, входят неионизирующие методы, в том числе УЗИ, МРТ и др. При этом лучевая диагностика как никакая другая область здравоохранения, во-первых, имеет громадные масштабы использования, во-вторых, обладает значительным разнообразием и, в-третьих, постоянно расширяется (табл. 4).

Как видно из представленных данных, за последние 30 лет наблюдения объем лучевых методов исследования в России увеличился в 2 раза и достиг практически 3 процедур на каждого жителя: 2 рентгеновских и 1 УЗИ, а спектр исследований расширился с привлечением различных излучений, а также цифровых и компьютерных методов обработки данных.

Динамика развития основных визуальных методов исследования в лучевой диагностике в России*

Таблица 4

The dynamics of the development of the most common medical imaging methods in radiation diagnostics in Russia*

[Table 4]

Вид исследования [Medical imaging method]	Показатель [Indicator]	1990 г. [1990 y]	2000 г. [2000 y]	2010 г. [2010 y]	2018 г. [2018 y]
Рентгенологические исследования (РЛИ): [X-Ray examinations]	РЛИ,‰ [X-Ray examinations,‰]	832	884	1155	1326
в том числе [including]	Структура ¹ , % [Structure ¹ , %]	94,9	69,1	60,6	57,1
рентгенологические процедуры (РЛП) [X-Ray procedures]	РЛП,‰ [X-Ray procedures,‰]	1260	1360	1575	1870
компьютерная томография (КТ) [Computed tomography]	Структура, % [Structure, %]	96,6	77,5	67,7	65,1
	КТ,‰ [CT]	1,0	6,9	25,5	62,6
	Структура, % [Structure, %]	–	0,5	1,6	3,3
Радионуклидные исследования (РНИ) [Radionuclide examinations]	РНИ,‰ [Radionuclide examinations,‰]	15	11,8	3,6	5,7
в том числе позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) [including PET]	Структура, % [Structure, %]	1,7	0,9	0,2	0,002
	ПЭТ,‰ [PET,‰]	–	–	0,01	0,27
	Структура, % [Structure, %]	–	–	–	–
Все ионизирующие методы (РПИ, РРП) ² [All types of medical imaging methods]	РПИ,‰ [X-Ray examinations,‰]	847	896	1160	1330
	Структура, % [Structure, %]	96,6	70,1	60,9	57,3
	РРП,‰ [X-Ray procedures,‰]	1275	1372	1580	1873
	Структура, % [Structure, %]	97,7	78,2	70,0	65,3
Ультразвуковые исследования (УЗИ) [Ultrasound examinations (ultrasound)]	УЗИ,‰ [Ultrasound,‰]	30	380	740	980
	Структура, % [Structure, %]	2,3	29,7	38,8	42,2
Магнитно-резонансная томография (МРТ) [Magnetic resonance imaging (MRI)]	МРТ,‰ [MRI,‰]	–	2,5	6,4	18,0
	Структура, % [Structure, %]	–	0,2	0,003	0,01
Все неионизирующие методы [All non-ionizing methods]	Число на 1000 чел.,‰ [Number per 1000 people]	30	383	746	996
	Структура, % [Structure, %]	3,4	29,9	39,1	42,9

Вид исследования [Medical imaging method]	Показатель [Indicator]	1990 г. [1990 y]	2000 г. [2000 y]	2010 г. [2010 y]	2018 г. [2018 y]
Все исследования (ЛИ, ЛП) ³ [All examinations, (radiation examinations, radiation procedures)]	ЛИ, ‰ [Radiation examina- tions, ‰]	877	1280	1906	2322
	Структура, % [Structure, %]	100	100	100	100
	ЛП ³ , ‰ [Radiation procedures ³ , ‰]	1305	1754	2325	2870
	Структура, % [Structure, %]	100	100	100	100

*По данным стат.формы №30, ¹от всех исследований/процедур, ²рентгенорадиологические исследования (РПИ)/рентгенорадиологические процедуры (РПП), ³лучевые исследования(ЛИ)/лучевые процедуры(ЛП) [*according to the statistical form №30, ¹from all x-ray examinations/procedures, ²x-ray and radionuclide examinations/procedures, ³radiation diagnostics examinations/procedures]

При этом метод радионуклидной диагностики в виде радионуклидных исследований (РНИ) является незначительным и составляет менее 1% от всех исследований, в то время как объем УЗИ увеличился за время наблюдения в 30 раз и превысил 40% от всех исследований (рис. 6). То есть если в плане диагностического рентгеновского облучения мы имеем удвоение объема исследований, то в отношении всех ЛИ он практически утраивается.

Таким образом, можно констатировать, что по мере развития лучевой диагностики рентгеновские методы исследования не замещаются нерадиационными методами, как представлялось специалистами ранее [16], а добавляются к традиционно используемым РЛИ, вызывая дополнительную лучевую нагрузку на организм пациента.

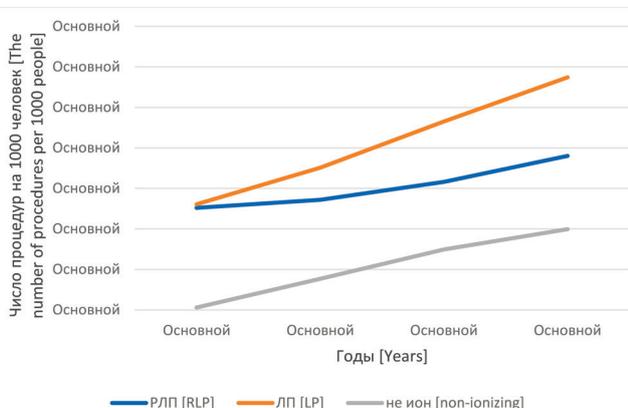


Рис. 6. Динамика ЛП, РЛП, а также других (не ионизирующих) методов исследования в лучевой диагностике в России.

[Fig. 6. The dynamics of radiation procedures, X-Ray procedures, as well as other (non-ionizing) methods in radiation diagnostics in Russia]

Заключение

На основании вышеизложенного следует, что за 50 лет Россия из наиболее облучаемой в плане диагностического МРО страны превратилась в страну с минимальным уровнем МРО. В радиационно-гигиеническом плане это является большим достижением и, соответственно, большой заслугой специалистов в области РЗ. Главной

причиной столь значительного снижения уровня МРО является, во-первых, совершенствование структуры РЛИ с переносом центра тяжести с наиболее дозообразующего вида исследования – рентгеноскопии на низкодозообразующую – рентгенографию и, во-вторых, оптимизация уровня облучения пациентов за счет модернизации рентгеновского оборудования с акцентом на использование цифровых технологий.

Вышеназванному обстоятельству способствовала авария на ЧАЭС: в результате чего были приняты разнообразные меры РЗ населения, в том числе в области МРО. До нее отечественная рентгеновская диагностика развивалась по экстенсивному пути, после – по интенсивному. В результате мы стали вполне благополучной в области МРО страной.

В настоящее время в условиях начавшегося повышения уровня МРО от использования специальных методов исследований, в основном, из-за КТ, одной из задач медицинской рентгенологии является нахождение баланса или оптимального уровня использования КТ, а Роспотребнадзора – в контроле МРО и поддержании соответствующего уровня радиационной безопасности при внедрении новых технологий.

На основании вышесказанного одной из первоочередных задач в области МРО персонала, пациентов и населения является организация всестороннего контроля соблюдения действующих норм и правил РБ, регламентированных разнообразными документами, в которых содержатся требования для реального снижения уровня МРО без потери необходимого количества и качества диагностической информации и соответствующего лечебного эффекта.

Исходя из этого, использование МРО, помимо регулирования основными принципами РЗ и созданными на их основе регламентирующими документами, должно контролироваться различными способами, среди которых необходимо выделить радиационный контроль (РК), а также мониторинг МРО, существующий в настоящее время в виде ЕСКИД и созданной на ее основе формы статистического наблюдения за МРО № 3-ДОЗ, для чего необходима ее модернизация.

РК включает в себя различные позиции, в том числе контроль доз облучения пациентов. В отсутствие нормирования диагностического облучения пациентов он

должен стать основой соблюдения здесь необходимых условий РБ. С другой стороны, при реальном отсутствии стандартизации методов РЛИ проводимый в рамках производственного контроля анализ состояния рентгеновской аппаратуры в виде контроля эксплуатационных параметров позволяет, во-первых, осуществлять контроль качества (КК) используемого оборудования и, во-вторых, вырабатывать оптимальные режимы проведения РЛИ и тем самым устанавливать РДУ облучения пациентов. Такой путь представляется наиболее эффективным в плане оптимизации медицинского диагностического облучения.

Таким образом, с учетом вышесказанного, можно констатировать, что в настоящее время в системе охраны здоровья населения в условиях процессов глобализации, вызванных демократическими, демографическими, социальными и другими изменениями, необходимо совершенствовать систему РБ в медицине на основе принципов РЗ, принятых мировым сообществом и основанных на гарантии обеспечения качества. Данный аспект подразумевает контроль всех основных составляющих радиационного процесса в медицине, начиная с оборудования и персонала и кончая безопасностью пациентов. Сказанное тем более актуально, поскольку вклад МРО в общее облучение населения от ИИИ является существенным и постоянно растет [2].

В современных условиях уровень МРО в России, в целом, и в административных территориях, в частности, должен тщательнейшим образом контролироваться при одновременном развитии и совершенствовании современных методов диагностики. В этом должна состоять генеральная линия отечественной лучевой диагностики и радиационной гигиены на ближайшие годы.

Литература

- Барковский А.Н., Ахматдинов Руслан Р., Ахматдинов Рустам Р., и др. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2019 г. Информационный сборник. СПб., 2020. 70 с.
- UNSCEAR UN. Sources and Effects of Ionising Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I, Annex A. – New York, UN, 2010.
- МКРЗ. Рекомендации 2007г. Международной комиссии по радиационной защите. Публикация № 103 МКРЗ. Пер. с англ. / Под общ. ред. М.Ф. Киселева и Н.К. Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. 312 с.
- Радиационно-гигиеническая оценка лучевых воздействий при рентгенодиагностических исследованиях. Редколлегия: П.В. Рамзаев, Ю.К. Кудрицкий, А.Н. Кронгауз, и др. / Материалы симпозиума. Л., 1972. 77 с.
- Акулов К.И., Лев М.Я., Кудрицкий Ю.К., и др. Радиационная безопасность пациентов и населения РСФСР при рентгенологических исследованиях. Справочно-информационные материалы. Л., 1979. 94 с.
- Никитин В.В., Ермаков И.А., Жербин Е.А., и др. Оценка популяционных доз от рентгенодиагностических процедур в СССР (1970-1980 гг.). М.: ЦНИИАтоминформ, 1986. 25 с.
- Никитин В.В. Радиационно-гигиеническая оценка рентгенодиагностических процедур. Автор. дис. докт. биол. наук. Л.: ЛСГМИ, 1990. 28 с.
- Балонов М.И., Голиков В.Ю., Водоватов А.В., и др. Научные основы радиационной защиты в современной медицине. Т.1. Лучевая диагностика. Авторы: Под ред. М.И. Балонина. СПб.: НИИРГ, 2019. 320 с.
- Голиков В.Я., Коренков И.П. Радиационная защита при использовании ионизирующего излучения. Под ред. проф. Ф.Г. Кроткова. М.: Медицина. 1975. 257 с.
- Ставицкий Р.В., Вактурина В.П. Основы радиационной защиты в рентгенологической практике. М.: Медицина. 1969. 108 с.
- Иванов С.И., Базюкин А.Б., Кальницкий С.А. и др. Медицинское облучение населения России. 1980-97 гг. Справочник. М., 2000. 527 с.
- Ставицкий Р.В., Ермаков И.А., Лебедев Л.А., и др. Эквивалентные дозы в органах и тканях человека при рентгенологических исследованиях: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1989. 176 с.
- Лебедев Л.А. Теоретические и практические основы радиационной безопасности при рентгенологических исследованиях. Автореф. дис. докт. техн. наук. М., 2001. 34 с.
- Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1988 Report to the General Assembly. UN. New York, 1988. 647 p.
- Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR UN. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly. UN. New York, 1993.
- Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. Vol. I. UN. New York, 2000. 654 p.

Поступила: 26.07.2021

Кальницкий Сергей Анатольевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатория 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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: s.kalnitsky@niirg.ru

Целиков Николай Васильевич – кандидат медицинских наук, руководитель лаборатории радиационного контроля Ленинградской областной клинической больницы, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Кальницкий С.А., Целиков Н.В. Анализ медицинского облучения пациентов в рентгеновской диагностике России за пол века наблюдения (1970-2019гг) // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 4. С. 60-75. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-60-75

Analysis of patient medical exposure in X-ray diagnostics in Russia for half a century (1970–2019)

Sergey A. Kalnitsky¹, Nikolay V. Tselikov²

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

² Leningrad regional clinical hospital, Saint-Petersburg, Russia

During last 50 years, firstly in the RSFSR in the USSR (1970-80), then in the Russian Federation - RF (1990-2019), the authors studied the radiation safety issues of patients from medical exposure. The reader is offered a complex radiation-hygienic analysis of the 50-year medical exposure of patients and of the population in Russia to inform and analyze the available data on the most common type of use of ionizing radiation sources in the national economy. For a half century, several generations of people have changed and medical diagnostic X-ray equipment and technologies have also radically changed. The information from this article was obtained on the basis of radiation-hygienic statistics, as well as considered our research. The data is presented at the federal level in the form of the volume of research carried out - determined by the number of X-ray procedures, as well as the level of medical exposure in the form of effective dose of patients in Russia - a huge region with a population of about 150 million people, where about 200 million X-Ray procedures were performed annually, i.e. about 10 billion X-Ray procedures for the entire observation period. During the study, a collective effective dose was - 6.5 million person-Sv at the rate of 100 thousand person-Sv and more per year. The paper presents the dynamics and the structure of the studied indicators depending on the type of medical exposure, as well as its localization. The contribution of the X-ray diagnostics to the total volume of radiation diagnostics, which is developing dynamically, is presented. It was found that throughout the study, there were two oppositely directed processes: an increase in the number of X-Ray procedures and a decrease in the effective doses of patients. At present, the minimum dose has been reached, after that it has been increasing began, associated with the use of new computer technologies. It was determined that, depending on the localization, the main radiation load during X-ray procedures falls on the skeleton and digestive organs. It is shown that during the study period (in 1986) there was an accident at the Chernobyl, which significantly affected on medical activities and, in particular, X-ray diagnostic indicators. The paper shows the consequences of these situations. In general, the data presented is huge in volume and significant in information content. The information obtained on the basis of such a unique data is representative and allows, firstly, to analytically study the issues of radiation protection of patients and, secondly, to plan the strategy and tactics of its development.

Key words: X-ray diagnostics, patients, X-ray procedure, medical exposure, effective dose, radiation protection.

References

1. Barkovsky AN, Akhmatdinov Ruslan R, Akhmatdinov Rustam R, Baryshkov NK, Biblin AM, Bratilova AA, et al. Doses of radiation exposure to the population of the Russian Federation in 2019. Information collection. Saint-Petersburg; 2020. 70 p.
2. UNSCEAR UN. Sources and Effects of Ionising Radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Volume I, Annex A. – New York, UN, 2010.
3. ICRP. Recommendations International Commission on Radiation Protection 2007. Publication ICRP No. 103. Transl. from English / Ed. M.F. Kiselev and N.K. Shandala. Moscow: Ed. LLC PKF «Alana»; 2009. 312 p.
4. Ramzaev PV, Kudritsky YuK, Krongauz AN, Milman NYa, Kuznetsov AI. Radiation-hygienic assessment of radiation exposure during X-ray diagnostic examinations. Materials of the symposium. Leningrad; 1972. 77 p.
5. Akulov KI, Lev MYa, Kudritsky YuK, Serebryannikov VD. Radiation safety of patients and the population of the RSFSR during X-ray examinations. Reference and information materials. Leningrad; 1979. 94 p.
6. Nikitin VV, Ermakov IA, Zherbin EA, Ivanov EV, Komarov EI, Masarsky LI et al. Estimation of population doses from X-ray diagnostic procedures in the USSR (1970-1980). Moscow: TsNIIatominform; 1986. 25 p.
7. Nikitin VV. Radiation-hygienic assessment of X-ray diagnostic procedures. Leningrad: LSGMI; 1990. 28 p.
8. Balonov MI, Golikov VYu, Vodovatov AV, Chipiga LA, Zvonova IA, Kalnitsky SA et al. Scientific foundations of radiation protection in modern medicine. vol. 1. Radiation diagnostics. Ed. M.I. Balonov. Saint-Petersburg: NIIRG; 2019. 320 p.
9. Golikov VYu, Korenkov IP. Radiation protection when using ionizing radiation. Ed. by Prof. F.G. Krotkov. Moscow: Medicine; 1975. 257 p.
10. Stavitsky RV, Vakturina VP. Fundamentals of radiation protection in X-ray practice. Moscow: Medicine; 1969. 108 p.
11. Ivanov SI, Yakubovsky-Lipsky YuO, Bazyukin AB, Kalnitsky SA, Ivanov EI Vlasova MM. Medical exposure of the Russian population. 1980-97. Guide. Moscow; 2000. 527 p.
12. Stavitsky RV, Ermakov IA, Lebedev LA, Masarsky LI, Nikitin VV, Postnikov VA, et al. Equivalent doses in human organs

Sergey A. Kalnitsky

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

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

- and tissues during X-ray examinations: Handbook. Moscow: Energoatomizdat; 1989. 176 p.
13. Lebedev LA. Theoretical and practical foundations of radiation safety in X-ray examinations. Abstract of a thesis in engineering sciences. Moscow; 2001. 34 p.
 14. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1988 Report to the General Assembly. UN. New York; 1988. 647 p.
 15. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR UN. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly. UN. New York; 1993.
 16. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly. Vol. I. UN. New York; 2000. 654 p.

Received: July 26, 2021

For correspondence: Sergey A. Kalnitsky – PhD, Leading Researcher, Medical protection laboratory, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: s.kalnitsky@niirg.ru)

Nikolay V. Tselikov – PhD, the Head of the Laboratory of Radiation Control, Leningrad Regional Clinical Hospital, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Kalnitsky S.A., Tselikov N.V. Analysis of patient medical exposure in X-ray diagnostics in Russia for half a century (1970-2019). *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021. Vol. 14, No. 4. P. 60-75. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-4-60-75