

ОЦЕНКА ПЭТ/КТ В РОССИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СЕТИ «ПЭТ-ТЕХНОЛОДЖИ»¹ (2021–2024 гг.)

Аладин А.С.¹✉, Нуднов Н.В.², Аладин П.А.³

¹ Обособленное подразделение «Центр ядерной медицины и диагностики г. Москва» Акционерного общества «Клиника К+31»; Россия, 117485, Москва, ул. Профсоюзная, 86, стр. 3

² Российский научный центр рентгенорадиологии Минздрава России; Россия, 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 86

³ Российский университет транспорта, Институт управления и цифровых технологий; Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9

✉ Аладин Александр Сергеевич, aladindoctorr@gmail.com, +79683392368

РЕФЕРАТ

Актуальность: Несмотря на глобальный рост клинического применения ПЭТ/КТ-диагностики, в Российской Федерации отсутствуют систематизированные данные о её региональной распространенности и операционной динамике.

Цель исследования: Провести комплексный анализ количественных и качественных показателей функционирования сети ПЭТ/КТ-центров «ПЭТ-Технолоджи» в России за 2021–2024 гг.

Материалы и методы: Методом сплошного наблюдения проанализировали данные из 29 регионов (6 федеральных округов) по ключевым индикаторам: динамике объемов исследований, плотности оборудования по федеральным округам, распределению клинических целей диагностики и спектру применяемых РФП.

Результаты: Выявлен рост абсолютных объёмов исследований, однако относительные показатели достоверно снизились ($p < 0,05$), что отражает региональные диспропорции. Клиническая практика соответствует мировым стандартам. Более 35 % исследований направлены на мониторинг терапии при злокачественных новообразованиях. Неонкологические показания практически отсутствуют. При этом 98,7 % исследований выполняются с ¹⁸F-ФДГ.

Выводы: Полученные результаты могут служить ориентиром для планирования в частном секторе и стимулом для создания национальной системы мониторинга, оптимизации территориального планирования и повышения равенства доступа к ядерной диагностике.

Ключевые слова: ядерная медицина, ПЭТ/КТ, ¹⁸F-ФДГ, онкологическая диагностика, региональное распределение ресурсов, доступность медицинской помощи, операционные показатели, частный сектор в здравоохранении, система обязательного медицинского страхования

Для цитирования: Аладин А.С., Нуднов Н.В., Аладин П.А. Оценка ПЭТ/КТ в России на основе данных сети «ПЭТ-Технолоджи» (2021–2024 гг.). Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2026;9(2):15–27.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2026-9-2-15-27>

ASSESSMENT OF PET/CT IN RUSSIA BASED ON DATA FROM THE «PET-TECHNOLOGY»¹ NETWORK (2021–2024)

Alexander S. Aladin¹✉, Nikolai V. Nudnov², Platon A. Aladin³

¹ Branch «Center of Nuclear Medicine and Diagnostics, Moscow» of «K+31 Clinic»; 86, Bldg. 3, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117485, Russia

² Russian Scientific Center of Roentgenoradiology; 86 Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russia

³ Institute of Management and Digital Technologies, Russian University of Transport; 9, Bldg. 9, Obraztsova Str., Moscow, 127994, Russia

✉ Alexander S. Aladin, aladindoctorr@gmail.com, +7 968 339-23-68

ABSTRACT

Relevance: Despite the global expansion of PET/CT diagnostics, systematic data on its regional distribution and operational dynamics in the Russian Federation remain lacking.

Purpose: To conduct a comprehensive analysis of quantitative and qualitative indicators of the «PET-Technology» PET/CT network performance in Russia from 2021 to 2024.

Materials and methods: A complete enumeration observational study was performed using data from 29 regions across 6 federal districts, focusing on key indicators: trends in imaging volumes, equipment density by federal district, distribution of clinical diagnostic purposes, and the spectrum of radiopharmaceuticals used.

Results: Absolute imaging volumes demonstrated growth; however, relative accessibility indicators significantly declined ($p < 0.05$), reflecting deepening regional disparities. Clinical practice aligns with international standards. More than 35 % of studies are dedicated to therapy monitoring in malignant neoplasms. Non-oncological indications are virtually absent (<0.3 %). Furthermore, 98.7 % of PET/CT studies were performed using ¹⁸F-FDG.

Conclusions: These findings may serve as a reference for private-sector planning and as a catalyst for establishing a national PET/CT monitoring system, optimizing territorial resource allocation, and improving equity in access to nuclear diagnostics.

Key words: nuclear medicine, PET/CT, ¹⁸F-FDG, oncological diagnostics, regional resource distribution, access to medical care, operational performance indicators, private healthcare sector, compulsory health insurance

For citation: Aladin A.S., Nudnov N.V., Aladin P.A. Assessment of PET/CT in Russia Based on Data from the «PET-Technology» Network (2021–2024). Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2026;9(2):15–27. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2026-9-2-15-27>

¹ Проект ГК МедИнвестГрупп (<https://www.pet-net.ru/projects>)

¹ Project of MedInvestGroup Group (<https://www.pet-net.ru/projects>)

Введение

За последние три десятилетия ландшафт медицинской визуализации изменился. Это связано с фундаментальными исследованиями и развитием технологий в области ядерной медицины и растущими потребностями клинической практики [1].

Яркий пример этих изменений — позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) — гибридная технология, изначально воспринимавшаяся как узкоспециализированный инструмент фундаментальной науки, но быстро занявшая центральное место в современной диагностике [2]. Сегодня ПЭТ/КТ — неотъемлемая часть диагностических алгоритмов в онкологии, обеспечивающая не только локализацию первичной опухоли и оценку метастатического процесса, но и мониторинг терапии, выявление рецидивов и персонализацию лечебной тактики [4–7].

Помимо онкологии, метод применяется в кардиологии, ревматологии, неврологии, психиатрии и других областях, где требуется неинвазивная оценка функционального состояния органов тканей [8–13].

Расширение клинического применения ПЭТ/КТ обусловлено тремя факторами. Во-первых, расширяется спектр показаний, подтвержденных доказательной базой и включенных в национальные и международные клинические рекомендации [3–5]. Во-вторых, активно развивается радиофармацевтика, появляются новые радиофармпрепараты (РФП). Их применение значительно повышает специфичность и чувствительность медицинской визуализации [14–19]. В-третьих, совершенствуются технические характеристики аппаратуры. Современные цифровые ПЭТ/КТ-сканеры обеспечивают высокую чувствительность и скорость сканирования, снижая лучевую нагрузку и сокращая время исследования без потери качества изображения [20–23].

На фоне технологического прогресса наблюдается рост глобальной инфраструктуры ядерной медицины. За последнее десятилетие число ПЭТ/КТ-сканеров в мире увеличилось на 40–60 %, а ежегодный объем исследований растет на 15–20 % [1, 4].

Однако такой тренд сопровождается выраженным географическим неравенством. В странах с высоким уровнем дохода (США, Япония, страны Западной Европы) обеспеченность достигает 4–25 сканеров на 1 млн населения, тогда как в странах с низким и средним доходом — менее 0,5–1,5 на 1 млн населения. Даже внутри отдельных государств наблюдаются значительные диспропорции [1, 4, 24–38].

В Российской Федерации проблема неравномерного распределения ресурсов ядерной медицины особенно остро стоит в условиях реализации федеральной программы «Развитие ядерной медицины в РФ». Несмотря на наличие отдельных публикаций, в открытых источниках — включая офи-

циальную статистику Минздрава России, Росстата и Росздравнадзора — отсутствуют систематизированные, сопоставимые и актуальные данные о состоянии и региональной доступности ПЭТ/КТ-диагностики [39–44]. Этот информационный дефицит создаёт серьёзные барьеры как для научного анализа, так и для разработки эффективной государственной политики в области развития ядерной медицины [45].

Таким образом, в российской научной литературе сохраняется существенный пробел. Отсутствуют комплексные аналитические работы, системно отражающие операционную деятельность сети ПЭТ/КТ-центров на национальном уровне с учетом: межрегиональных различий в объемах исследований и численности пациентов, плотности локализации оборудования, структуры клинических целей диагностики, географического распределения по федеральным округам и доступности целевых РФП в регионах.

Цель исследования — восполнить указанный пробел путем системного анализа количественных и качественных показателей функционирования сети ПЭТ/КТ-центров (далее — центров) «ПЭТ-Технолджи» в Российской Федерации за период 2021–2024 гг.

Актуальность и новизна работы заключается в том, что впервые на основе репрезентативных данных крупной отечественной сети проведен комплексный анализ ключевых индикаторов ПЭТ/КТ-диагностики, включая динамику исследований, межрегиональную неравномерность доступности, распределение клинических целей и ассортимент применяемых РФП.

Материалы и методы

Целью статистического анализа стало изучение динамики основных показателей ПЭТ/КТ-диагностики в Российской Федерации за период 2021–2024 гг. на основе данных сети «ПЭТ-Технолджи». Особое внимание уделено сравнению показателей 2021 и 2024 гг., выявлению статистически достоверных изменений и оценке региональной неравномерности.

Исследование выполнено в формате ретроспективного наблюдательного анализа на двух взаимодополняющих уровнях:

- Макроуровень — общефедеральный анализ всех центров сети.
- Мезоуровень — анализ по федеральным округам, обеспечивающий детализацию и отсутствие чрезмерной фрагментации данных.
- Москва выделена в отдельную аналитическую категорию в силу ее уникальных характеристик: население свыше 13 млн человек, высокая концентрация инфраструктуры ядерной медицины и административный статус, сопоставимый с федеральными округами. Учитывая эти особенности, включение Москвы в состав Центрального

федерального округа (ЦФО) искажает агрегированные показатели округа. Такой подход соответствует международной практике анализа мегаполисов [40, 46–48].

Источником данных была агрегированная отчетность из медицинской информационной системы (МИС) «ПЭТ-Технолоджи» и открытые данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат, <https://rosstat.gov.ru/>) и Канцер-регистра с сайта Главного онколога Минздрава России (https://glavonco.ru/cancer_register/). Для нормирования показателей применялась численность населения (https://glavonco.ru/cancer_register/).

Оцениваемые количественные показатели:

1. «Исследования, все» — ПЭТ/КТ, выполненная по всем источникам финансирования — базовой и территориальной программ обязательного медицинского страхования (ОМС), добровольному медицинскому страхованию и платным услугам. Этот показатель — основа для оценки нагрузки на сеть.

2. «Исследования, регион» — ПЭТ/КТ, выполненная в рамках территориальной программы ОМС субъекта РФ. Ключевой индикатор доступности услуги в рамках государственных гарантий.

3. «Пациенты, регион» — количество пациентов получивших ПЭТ/КТ в рамках территориальной программы ОМС.

4. «Исследований на 1000 населения, регион» — уровень доступности, формула расчета: $I = (N/P) \times 1000$, где N — число исследований из региона за год, P — численность населения на 1 января текущего года. Показатель приведён к стандартной демографической шкале («на 1000 человек»), что обеспечивает сопоставимость регионов с разной плотностью населения.

5. «Исследований на 1 пациента, регион» — частота ПЭТ/КТ, формула расчета: $I = N/U$, где U — число пациентов. Показатель отражает среднее количество исследований на одного пациента.

6. «Сканеров на 1 млн населения, регион» — плотность сканеров, формула расчета: $S = (K/P) \times 106$, где K — количество функционирующих сканеров. Коэффициент 106 стандартизирует показатель для сравнения регионов.

7. «Исследования с РФП» — количество исследований с конкретным РФП по всем источникам финансирования, показывает уровень специализации ПЭТ-центра.

Оцениваемые качественные показатели:

1. «Нозологическая структура (по МКБ-10)» — рейтинг первых 5 нозологий (ТОП-5) составляющих ~ 50 % от всех исследований, позволял оценить клинический профиль использования ПЭТ/КТ и выявить региональные особенности.

2. «Цель исследования» — показатель позволяет понять клиническую роль ПЭТ/КТ в региональной практике.

Оценку нозологий и целей диагностики проводили за четыре года по федеральным округам с учётом всех исследований независимо от субъекта РФ и источника финансирования. Это обеспечило репрезентативность всей клинической практики сети «ПЭТ-Технолоджи».

Нормальность распределение оценивалась с помощью критерия Шапиро-Уилки. Большинство абсолютных показателей имели ненормальное распределение, поэтому для описательной статистики использовались медиана (Me), межквартильный размах (IQR) и процентиля (Q1, Q3) — показатели центральной тенденции и вариации и устойчивые к выбросам [49, 50].

Для оценки динамики за 2021–2024 гг. применена линейная смешанная модель (англ. — Linear Mixed Model, LMM) с учетом межрегиональной вариабельности. Модель допускала неполные наблюдения (открытие/закрытие центров), классифицируя пропуски как «пропущенные случайным образом» (англ. — Missing at Random, MAR), что обеспечивало оценку данных без импутации. Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$.

Для парного сравнения 2021 и 2024 гг. использован критерий Вилкоксона (англ. — Wilcoxon signed-rank test, W), при условии наличия данных за оба года в одном регионе. Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$.

При выборке менее 10 наблюдений статистические тесты не применялись из-за низкой мощности и ненадёжности p -значений. В таких ситуациях ограничивались описательным анализом и визуализацией, без проверки гипотез.

Агрегация и обработка данных выполнена в Microsoft Excel (Microsoft Corp., США). Статистический анализ проведён в JASP (версия 0.95.4, Intel), свободно распространяемом программном обеспечении.

Все исходные данные были полностью анонимизированы — удалены любые прямые идентификаторы (ФИО, адрес, СНИЛС, номер полиса ОМС, контактные данные) в соответствии с Федеральным законом № 152-ФЗ «О персональных данных». Исследование не требовало одобрения этического комитета, так как использовались только агрегированные, обезличенные статистические данные.

Результаты

Анализ включал 29 регионов РФ из 6 федеральных округов в период с 2021 г. по 2024 г. (рис. 1).

В 2021 г. сеть «ПЭТ-Технолоджи» состояла из 22 ПЭТ/КТ-центров. В 2022–2023 гг. сеть центров претерпела трансформацию. В 2022 г. сеть расширилась за счёт центров в Брянской, Омской областях, Дагестане, Стерлитамаке (второй в Башкортостане), Челябинской области, Удмуртии и Ростове-на-Дону (второй центр). Одновременно закрыт центр в Северной Осетии-Алании. В 2023 г. открылся центр в Новосибирской

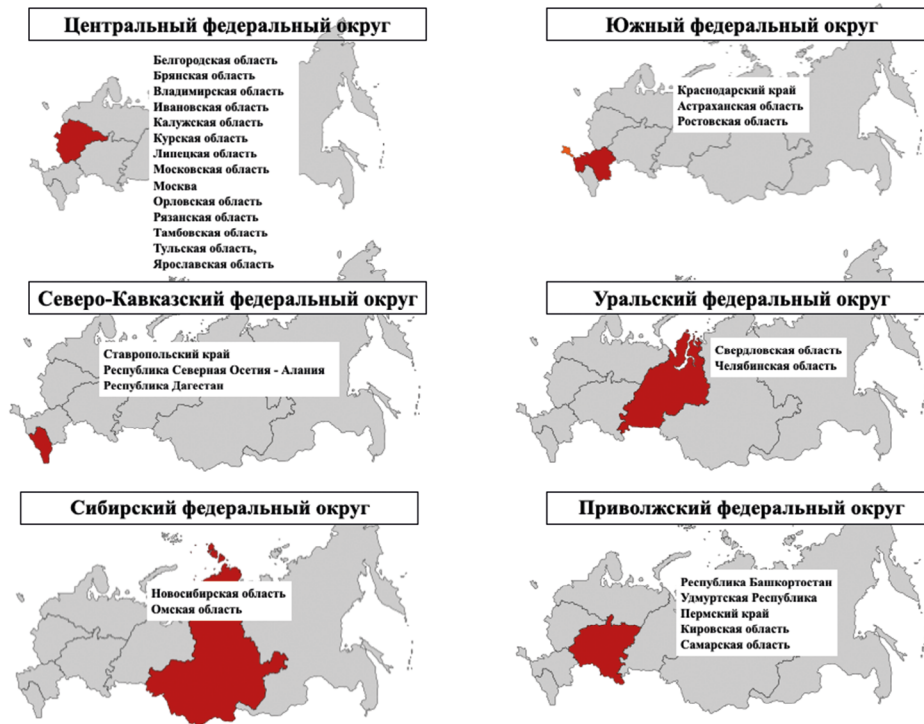


Рис. 1. Локализация центров сети «ПЭТ-Технолоджи» в РФ в 2021–2024 гг.

Fig. 1. Locations of «PET-Technology» network centers in the Russian Federation, 2021–2024

области и четвертый в Москве, но были закрыты центры в Орловской и Тамбовской областях. К концу 2024 г. в сети «ПЭТ-Технолоджи» работало 27 ПЭТ/КТ-центров (центров). За четыре года выполнено 632391 исследование, из которых 80,75 % в рамках территориальных программ ОМС субъектов РФ.

Анализ данных показал рост абсолютных объемов за четыре года: «Исследования, все» — на 21,75 %, «Исследования, регион» — на 23,02 % и «Пациентов, регион» — на 18,73 % (табл. 1).

Интервенционный анализ не выявил статистически значимого влияния времени на эти показатели. Линейная смешанная модель с фиксированным эффектом «год» и случайным перехватом по «региону» показала высокие p -значения ($p > 0,5$). Этот

результат объясняется экстремально высокой межрегиональной вариабельностью (разброс значений достигает сотен раз) и ограничение статистической мощности вследствие небольшого размера выборки ($n < 50$) и короткого периода наблюдения (4 года).

Парный анализ с использованием критерия Вилкоксона ($n = 19$ пар регионов с полными данными за 2021–2024 гг.) показал несогласованный и неявный тренд. Показатель Вилкоксона (W) от 20 до 40, из-за роста объемов в одних региональных ПЭТ/КТ-центрах и уменьшения в других («Исследований на 1000 населения»: $W = 39$, $z = -2,25$, $p = 0,023$, «Исследований на 1 пациента»: $W = 29$, $z = -2,66$, $p = 0,006$, «Сканеров на 1 млн населения»: $W = 36$, $z = -2,37$, $p = 0,016$) (табл. 2).

Таблица 1. Статистические данные по основным показателям сети
Table 1. Statistical data on key performance indicators of the network

Переменная	Показатель	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	Σ (Me)	632391 (3553)	140609 (2954)	155800 (3104)	164786 (3452)	171196 (4178)
	IQR [Q1;Q3]	6553 [2518;9071]	7265 [1553;8818]	3907 [2308;6216]	5791 [2913;8704]	5955 [3404;9359]
Исследования, регион	Σ (Me)	510655 (2849)	113402 (2275)	119872 (2323)	137879 (2840)	139502 (3310)
	IQR [Q1;Q3]	5803 [1826;7629]	6520 [716;7236]	4124 [1239;5364]	4013 [2220;6233]	5522 [2620;8142]
Пациентов, регион	Σ (Me)	381111 (2076)	87672 (1806)	91271 (1612)	98078 (1946)	104090 (2382)
	IQR [Q1;Q3]	3575 [1241;4816]	4928 [608;5536]	3696 [598;4294]	2925 [1415;4341]	3907 [1926;5832]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	2,39	1,93	2,34	2,63	2,72
	IQR [Q1;Q3]	2,34 [1,23;3,57]	2,51 [0,98;3,49]	2,48 [1,21;3,69]	2,06 [1,33;3,39]	2,05 [1,51;3,55]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,28	1,23	1,25	1,32	1,34
	IQR [Q1;Q3]	0,2 [1,22;1,41]	0,17 [1,1;1,27]	0,26 [1,20;1,46]	0,20 [1,24;1,44]	0,15 [1,28;1,43]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,69	0,77	0,72	0,68	0,67
	IQR [Q1;Q3]	0,51 [0,40;0,91]	0,49 [0,48;0,98]	0,44 [0,47;0,92]	0,49 [0,39;0,88]	0,51 [0,37;0,88]

Таблица 2. Статистический анализ основных показателей
Table 2. Statistical Analysis of Key Indicators

Переменная	Линейная смешанная модель 2021–2024 гг., n=29		Вилкоксона (W) 2021 и 2024 гг., n=19 пар регионов	
	Показатель	Значение	Показатель	Значение
Исследования, все	F (3)	0,76	W	67
	p	0,518	z	-1,13
	—	—	p	0,275
Исследования, регион	F (3)	0,79	W	73
	p	0,505	z	-0,89
	—	—	p	0,395
Пациентов, регион	F (3)	0,49	W	74
	p	0,688	z	-0,85
	—	—	p	0,418
Исследований на 1000 населения, регион	F (3)	3,12	W	39
	p	0,032	z	-2,25
	—	—	p	0,023
Исследований на 1 пациента, регион	F (3)	2,1	W	29
	p	0,105	z	-2,66
	—	—	p	0,006
Сканеров на 1 млн населения, регион	F (3)	4,8	W	36
	p	0,1	z	-2,37
	—	—	p	0,016

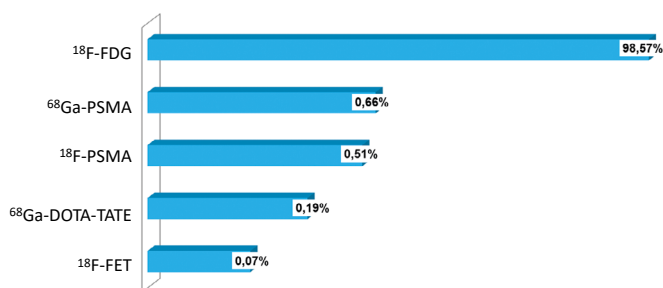


Рис. 2. Применение РФП в центрах сети в 2021–2024 гг.
Fig. 2. Use of radiopharmaceuticals in network centers, 2021–2024

Важно подчеркнуть, что полученные статистические результаты с использованием критерия Вилкоксона основаны на небольшой выборке (n = 19) и требует подтверждения на больших репрезентативных данных. Такие результаты — это не ухудшение доступности диагностики, а отражение структурных особенностей развития ядерной медицины в сети «ПЭТ-Технолоджи», рост объемов при стабильном числе сканеров.

Дополнительный анализ исключил демографический фактор как причину такого тренда. Изменения численности населения в субъектах РФ за 2021–2024 гг. были статистически незначимыми (p = 0,290).

В 98,7 % случаев применяли РФП Фтордезоксиглюкоза, ¹⁸F (Флудезоксиглюкоза [¹⁸F]1, ¹⁸F-FDG). Доля остальных РФП (¹⁸F-PSMA, ¹⁸F-DOPA, ¹⁸F-FET, ⁶⁸Ga-DOTA-TATE, ⁶⁸Ga-PSMA) составила 1,43 % (рис. 2).

В рейтинге (ТОП-5) наиболее распространенных заболеваний по поводу которых выполняли ПЭТ/КТ были только злокачественные новообразования (ЗНО) (рис. 3).

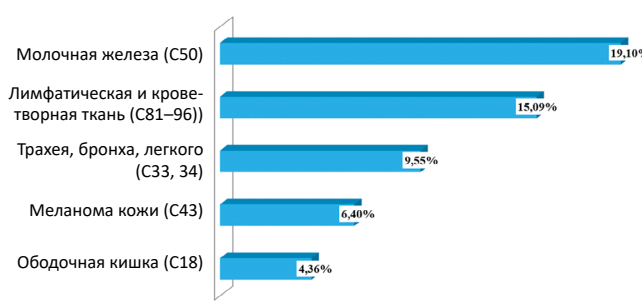


Рис. 3. ТОП-5 диагнозов в сети в 2021–2024 гг.
Fig. 3. Top 5 diagnoses in the network, 2021–2024

При проведении ПЭТ/КТ в сети центров было абсолютное доминирование ЗНО — 99,7 %. Доля неонкологических заболеваний составила 0,3 %. Показания для проведения ПЭТ/КТ в сети центров представлены на рис. 4.

Москва. За 2021–2024 гг. в ПЭТ/КТ-центрах «ПЭТ-Технолоджи» выполнено 49758 исследований, из них 68,3 % в рамках территориальной программы ОМС г. Москвы (табл. 3).

Москва демонстрирует волнообразную динамику изменения показателей. После пика в 2021 г. (17356 исследований) наблюдается спад в 2022 г. с



Рис. 4. Цели направления на ПЭТ/КТ в сети в 2021–2024 гг.
Fig. 4. Indications for PET/CT referrals in the network, 2021–2024

¹Единый структурированный справочник-каталог лекарственных препаратов Минздрава РФ

Таблица 3. Статистические данные по основным показателям г. Москвы
Table 3. Statistical data on key performance indicators for the city of Moscow

Показатель	Значение	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	Σ (Me)	49758 (10840)	17356 (-)	10721 (-)	10815 (-)	10866 (-)
	IQR [Q1;Q3]	1697 [10791;12488]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]
Исследования, регион	Σ (Me)	34015 (7716)	12513 (-)	6069 (-)	7629 (-)	7804 (-)
	IQR [Q1;Q3]	1742[7239;8981]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]
Пациентов, регион	Σ (Me)	25075 (5343)	9985 (-)	4403 (-)	4816 (-)	5871 (-)
	IQR [Q1;Q3]	2186[4712;6899]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]
Исследований на 1000, регион	Me	0,84	1,37	0,85	0,83	0,83
	IQR [Q1;Q3]	0,15 [0,83;0,98]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,35	1,25	1,38	1,58	1,33
	IQR [Q1;Q3]	0,12 [1,31;1,43]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,31	0,24	0,32	0,38	0,3
	IQR [Q1;Q3]	0,05 [0,29;0,33]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]	0 [-;-]

Примечание: Показатели по г. Москве рассчитаны на основе суммарных (агрегированных) данных по всем центрам «ПЭТ-Технолоджи», расположенным в городе (в разные годы — от 3 до 5 центров). Ввиду отсутствия раздельной статистики по каждому центру внутри Москвы, медиана (Me) и межквартильный размах (IQR) не могут быть корректно рассчитаны для всех лет. В таких случаях значения указаны как «-» или «0 [-;-]». Абсолютные суммы (Σ) отражают общее число исследований, выполненных во всех московских центрах за соответствующий год

Note: Indicators for the city of Moscow are based on aggregated data from all «PET-Technology» centers located in the city (ranging from 3 to 5 centers across different years). Due to the lack of center-level disaggregated statistics within Moscow, the median (Me) and interquartile range (IQR) could not be reliably calculated for all years. In such cases, values are indicated as «-» or «0 [-;-]». Absolute totals (Σ) represent the overall number of studies performed across all Moscow-based centers in the respective year

последующим ростом и стабилизацией на уровне 10800 исследований в 2024 г.

Важно отметить особенности ядерной диагностики в Москве. По состоянию на конец 2024 г. в столице функционирует порядка 30 ПЭТ/КТ-сканеров (данные профессионального отраслевого источника) в различных медицинских организациях — как государственных, так и частных, не относящихся к «ПЭТ-Технолоджи». В исследуемый период количество сканеров в центрах «ПЭТ-Технолоджи» было от 3 до 5, что составляет около 16 % от общего парка ПЭТ/КТ-сканеров г. Москвы.

Применение РФП. В Москве доминирует ¹⁸F-FDG (99,57 %). В последнее время отмечен рост ¹⁸F-PSMA в 11 раз (с 17 до 186 исследований в период с 2023 г. по 2024 г.).

В ТОП-5 нозологий были представлены только ЗНО: лимфатической и кроветворной ткани (C81-96) (C81-96) — 22,59 %, молочной железы (C50) (C50) — 19,52 %, трахеи, бронха, легкого (C33,34) — 9,16 %, меланома кожи (C43) (C43) — 7,95 % и ЗНО ободочной кишки (C18) (C18) — 5,46 %.

Цели проведения ПЭТ/КТ: оценка эффективности лечения — 42,31 %, первичная диагностика (стадирование) — 22,14 %, выявление прогрессирования и подозрение на рецидив — 22,10 % и 7,38 % соответственно, динамическое наблюдение — 5,07 % и цель исследования не была указана в 1,10 %.

Цели проведения ПЭТ/КТ: оценка эффективности лечения — 42,31 %, первичная диагностика (стадирование) — 22,14 %, выявление прогрессирования и подозрение на рецидив — 22,10 % и 7,38 % соответственно, динамическое наблюдение — 5,07 % и цель исследования не была указана в 1,10 %.

Центральный федеральный округ (ЦФО). С 2021 г. по 2024 г. выполнено 239444 исследования, из них 76,96 % в рамках территориальных программ ОМС субъектов округа. В ЦФО, несмотря на незначительный рост ПЭТ/КТ-исследований, медианные показатели демонстрируют устойчивый рост: «Исследования, все» — рост на 50,67 %, «Исследования, регион» — на 72,02 %, «Пациенты, регион» — на 56,85 % (табл. 4).

Это расхождение объясняется структурной перестройкой сети. В отдельных центрах с ранее высокой активностью происходит снижение

Таблица 4. Статистические данные по основным показателям ЦФО
Table 4. Statistical data on key performance indicators for the Central Federal District

Показатель	Значение	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	Σ (Me)	239444 (3135)	58962 (2515)	61370 (3033)	59076 (3167)	60036 (3790)
	IQR [Q1;Q3]	1674 [2563;4237]	2698[1310;4008]	1418 [2579;3997]	948[2943;3891]	1413 [3283;4697]
Исследования, регион	Σ (Me)	184269 (2283)	46613 (1544)	46801 (1826)	46073 (2542)	44782 (2656)
	IQR [Q1;Q3]	1416[1454;2871]	1978 [612;2590]	1304 [1225;2529]	715[2126;2842]	1002 [2235;3237]
Пациентов, регион	Σ (Me)	133505 (1606)	35430 (1288)	32297 (1045)	32472 (1816)	33306 (2021)
	IQR [Q1;Q3]	1118[959;2077]	1513 [517;2030]	1236 [376;1612]	777[1283;2060]	667 [1650;2317]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	2,73	1,93	2,82	2,7	3,14
	IQR [Q1;Q3]	1,86 [1,91;3,77]	2,74 [1,01;3,74]	2,25 [1,68;3,94]	1,13 [2,23;3,36]	1,24 [2,41;3,64]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,33	1,22	1,26	1,35	1,35
	IQR [Q1;Q3]	0,19 [1,22;1,42]	0,14 [1,15;1,29]	0,23 [1,24;1,47]	0,11 [1,31;1,42]	0,10 [1,33;1,43]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,89	0,9	0,9	0,88	0,88
	IQR [Q1;Q3]	0,21 [0,73;0,94]	0,27 [0,73;1,00]	0,23 [0,76;0,99]	0,20 [0,73;0,93]	0,21 [0,72;0,93]

Таблица 5. Статистические данные по основным показателям в ЮФО
Table 5. Statistical data on key performance indicators for the Southern Federal District

Показатель	Значение	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	∑ (Me)	95401 (7641)	14927 (4206)	22388 (6212)	28758 (9071)	29328 (9573)
	IQR [Q1;Q3]	7390 [3405;10796]	4431[2567;6999]	5720 [4290;1001]	6416 [6517;12933]	6416 [6517;12933]
Исследования, регион	∑ (Me)	83901 (6581)	12958 (3759)	19420 (5289)	25743 (7874)	27780 (8255)
	IQR [Q1;Q3]	6002 [3264;9266]	3759,50 [2299;6059]	4923 [3715;8639]	5903[5452;11356]	5420[5798;11219]
Пациентов, регион	∑ (Me)	67076 (5453)	10844 (3411)	16316 (4493)	20601 (6414)	19315 (6436)
	IQR [Q1;Q3]	4994 [2499;7494]	2954 [2086;5041]	4051[3176;7228]	4662[4422;9085]	3917[4479;8396]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	2,37	0,93	2,39	3,41	3,66
	IQR [Q1;Q3]	2,03 [1,44;3,47]	0,80 [0,84;1,64]	1,12 [1,74;2,86]	1,20 [2,48;3,68]	1,14 [2,65;3,79]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,24	1,1	1,18	1,25	1,33
	IQR [Q1;Q3]	0,1 [1,17;1,27]	0,80 [1,10;1,18]	0,03 [1,16;1,19]	0,02 [1,24; 1,25]	0,04 [1,30;1,35]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
	IQR [Q1;Q3]	0,83 [1,18;1,00]	0,41 [0,33;0,74]	0,42 [0,33;0,75]	0,44 [0,33;0,77]	0,44 [0,33;0,77]

объёмов, что приводит к падению абсолютных показателей. Одновременно в других центрах наблюдается значительный рост нагрузки, что отражается в увеличении медианы.

Такая динамика подчеркивает важность одно-временного анализа агрегированных (суммарных) и центральных (медианных) показателей. Суммарные данные отражают общую емкость сети, а медианные значения — типичную (характерную) нагрузку в «среднем» центре.

Применение РФП. Наибольшее количество исследований выполнено с ¹⁸F-FDG — 98,65 % случаев. Доля других РФП — 1,5 %, а их применение ограничено 1–2 ПЭТ-центрами.

ТОП-5 нозологий были представлены только ЗНО: молочной железы (С50) — 17,85 %, лимфатической и кроветворной ткани (С81-96) — 15,29 %, трахеи, бронха, легкого (С33,34) — 10,34 %, меланомы кожи (С43) — 7,16 % и ЗНО ободочной кишки (С18) — 4,44 %.

Цели проведения ПЭТ/КТ: оценка эффективности лечения — 37,04 %, динамическое наблюдение — 19,81 %, выявление прогрессирования — 18,99 %, первичная диагностика (стадирование) — 18,21 %,

подозрение на рецидив — 4,03 % и цель не указана — 1,92 %.

Южный федеральный округ (ЮФО). С 2021 г. по 2024 г. выполнено 95401 исследование, из них 87,9 % в рамках территориальных программ ОМС субъектов округа. В ЮФО отмечен устойчивый рост показателей и снижение межрегиональной вариабельности (табл. 5).

Применение РФП — абсолютное доминирование исследований с ¹⁸F-FDG — 99,6 %).

ТОП-5 нозологий были представлены только ЗНО: молочной железы (С50) — 24,04 %, лимфатической и кроветворной ткани (С81-96) — 13,45 %, трахеи, бронхов, легкого — 11,4 %, меланомы кожи (С43) — 6,93 % и ЗНО ободочной кишки (С18) — 4,75 %.

Цели проведения ПЭТ/КТ: выявление прогрессирования — 33,19 %, оценка эффективности проведенного лечения — 22,64 %, первичная диагностика (стадирование) — 12,66 %, подозрение на рецидив — 8,24 %, динамическое наблюдение — 8,21 % и в 15,05 % случаев цель при направлении не была указана.

Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО). С 2021 г. по 2024 г. выполнено 27711 исследований,

Таблица 6. Статистические данные по основным показателям в СКФО
Table 6. Statistical data on key performance indicators for the North Caucasus Federal District

Показатель	Значение	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	∑ (Me)	27711 (5335)	1685 (-)	6220 (-)	8788 (4394)	11018 (5509)
	IQR [Q1;Q3]	4103[2376;6480]	0 [-;-]	0 [-;-]	3209 [2789;5998]	1058 [4980;6038]
Исследования, регион	∑ (Me)	16512 (3892)	0 (-)	3353 (-)	5238 (2619)	7921 (3960)
	IQR [Q1;Q3]	676 [3353;4029]	0 [-;-]	0 [-;-]	1481 [1878;3359]	68 [3926;3994]
Пациентов, регион	∑ (Me)	13745 (3177)	0 (-)	2778 (-)	4474 (2237)	6493 (3246)
	IQR [Q1;Q3]	538 [2778;3316]	0 [-;-]	0 [-;-]	1130 [1672;2802]	69 [3211;3281]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	2,26	2,43	2,24	1,5	1,83
	IQR [Q1;Q3]	0,80 [1059;2,39]	0 [-;-]	0 [-;-]	1,33 [0,93;2,06]	0,45 [1,06;2,05]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,22	0	1,21	1,12	1,22
	IQR [Q1;Q3]	0,01 [1,21;1,22]	0 [-;-]	0 [-;-]	0,09 [1,08;1,17]	0,005 [1,22;1,22]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,35	1,44	0,36	0,33	0,33
	IQR [Q1;Q3]	0,04 [0,32;0,36]	0 [-;-]	0 [-;-]	0,02 [0,32;0,34]	0,02 [0,32;0,34]

Примечание: Ввиду того, что в период с 2021 по 2022 гг. в СКФО функционировал один центр, медиана (Me) и межквартильный размах (IQR) не оценивали. В таких случаях значения указаны как «-» или «0 [-;-]»

Note: Due to the operation of only one center in the North Caucasian Federal District during 2021–2022, the median (Me) and interquartile range (IQR) were not calculated. In such cases, values are indicated as «-» or «0 [-;-]»

Таблица 7. Статистические данные по основным показателям в ПФО
Table 7. Statistical data on key performance indicators for the Volga Federal District

Показатель	Значение	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	∑ (Me)	157964 (8719)	30619 (6584)	39526 (5464)	46894 (9935)	40925 (8719)
	IQR [Q1;Q3]	10818 [2651;13470]	9500 [2369;11869]	9650 [2249;11899]	10868 [3352;14220]	9285 [3496;12781]
Исследования, регион	∑ (Me)	140192 (8565)	22276 (6274)	35453 (5389)	41709 (9457)	35754 (8565)
	IQR [Q1;Q3]	8852 [2493;11346]	8557 [2268;10825]	9200 [2056;11256]	10031 [3056;13087]	7654 [3208;10862]
Пациентов, регион	∑ (Me)	100667 (5716)	20178 (4278,50)	26223 (3970)	28618 (6248)	25648 (5716)
	IQR [Q1;Q3]	6801 [1358;8159]	5721 [1801;7522]	6358 [1210;7568]	6978 [1350;8328]	5854 [2136;7990]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	3,21	2,2	2,14	3,96	3,48
	IQR [Q1;Q3]	2,50 [1,53;4,02]	2,52 [0,95;3,47]	1,98 [1,82;3,80]	1,47 [2,95;3,09]	0,4 [3,09;3,49]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,36	1,27	1,36	1,51	1,43
	IQR [Q1;Q3]	0,25 [1,26;1,51]	1,13 [1,21;1,34]	0,24 [1,25;1,49]	0,29 [1,28;1,57]	0,21 [1,29;1,50]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,67	0,57	0,67	0,69	0,7
	IQR [Q1;Q3]	0,18 [0,57;0,74]	0,20 [0,47;0,68]	0,11 [0,64;0,74]	0,10 [0,64;0,74]	0,10 [0,64;0,74]

из них 59,6 % в рамках территориальных программ ОМС субъектов округа (табл. 6).

В СКФО наблюдается устойчивый рост операционных показателей с низкой межрегиональной вариабельностью.

Применение РФП. Подавляющее большинство исследований выполнено с ¹⁸F-FDG — 99,1 %. За четыре года с ¹⁸F-PSMA было 242 ПЭТ/КТ-исследований.

В ТОП-5 были только ЗНО: молочной железы (С50) — 27,34 %, трахеи, бронхов, легкого — 14,65 %, лимфатической и кроветворной ткани (С81-96) — 13,09 %, меланома кожи (С43) — 6,00 %, ЗНО ободочной кишки (С18) — 3,52 %.

Цели направления на ПЭТ/КТ: динамическое наблюдение — 15,41 %, первичная диагностика (стадирование) — 14,37 %, оценка эффективности проведенного лечения — 13,85 %, выявление прогрессирования — 7,12 %, подозрение на рецидив — 1,53 %. Обращает на себя внимание, что в 47,71 % случаев цель при направлении на ПЭТ/КТ не была указана.

Приволжский федеральный округ (ПФО). С 2021 г. по 2024 г. выполнено 157964 исследования. В

рамках территориальных программ ОМС субъектов округа — 88,75 % (табл. 7).

Динамика показателей демонстрирует устойчивый рост и сокращение межрегиональной вариабельности.

Применение РФП. Подавляющее большинство исследований выполнено с ¹⁸F-FDG. Применение других РФП было штучным — 0,01 % случаев.

В ТОП-5 традиционно входили ЗНО: молочной железы (С50) — 20,19 %, лимфатической и кроветворной ткани (С81-96) — 14,04 %, трахеи, бронха, легкого (С33,34) — 6,47 %, меланома кожи (С43) — 5,44 %, ободочной кишки (С18) — 4,71 %. Необходимо отметить, что в ПФО в 17,44 % случаев диагноз не был указан.

Цели исследования. В ПФО ПЭТ/КТ проводили для оценки эффективности проведенного лечения — 31,38 %, выявления прогрессирования — 28,70 %, первичной диагностики (стадирования) — 14,98 %, при подозрении на рецидив — 12,10 % и для динамического наблюдения в 9,54 %. Цель исследования при направлении не была указана в 3,30 % случаях.

Уральский федеральный округ (УФО). С 2021 г. по 2024 г. выполнено 50987 исследований, из них

Таблица 8. Статистические данные по основным показателям в УФО
Table 8. Statistical data on key performance indicators for the Ural Federal District

Показатель	Значение	2021–2024 гг.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	∑ (Me)	50987 (6046)	17060 (-)	12724 (6362)	8192 (4096)	13011 (6505)
	IQR [Q1;Q3]	8180 [2772;10962]	0 [-;-]	5970 [3377;9347]	1950 [3121;5071]	3087 [4961;8049]
Исследования, регион	∑ (Me)	41332 (4838)	14042 (-)	8402 (4201)	6907 (3453,50)	11981 (5990)
	IQR [Q1;Q3]	5686 [2673;8360]	0 [-;-]	3816 [2293;6109]	1384 [2761;4145]	2712 [4634;7346]
Пациентов, регион	∑ (Me)	32639 (3866)	11235 (-)	6770 (3385)	5316 (2658)	9318 (4659)
	IQR [Q1;Q3]	5025 [1851;6876]	0 [-;-]	3301 [1735;5035]	1208 [2054;3262]	2407 [3455;5862]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	1,43	3,98	1,5	1,03	1,64
	IQR [Q1;Q3]	1,76 [0,82;2,58]	0 [-;-]	1,39 [0,11;0,81]	0,40 [0,63;0,83]	0,63 [1,01;1,32]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,25	1,25	2,89	1,34	1,34
	IQR [Q1;Q3]	0,20 [1,24;1,44]	0 [-;-]	1,69 [2,05;3,74]	0,09 [1,30;1,38]	0,11 [1,29;1,40]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,47	0,47	0,38	0,38	0,38
	IQR [Q1;Q3]	0,18 [0,29;0,47]	0 [-;-]	0,09 [0,34;0,42]	0,09 [0,34;0,43]	0,09 [0,34;0,43]

Примечание: Ввиду того, что в 2021 г. в УФО функционировал один центр, медиана (Me) и межквартильный размах (IQR) не оценивали. В таких случаях значения указаны как «-» или «0 [-;-]»

Note: Since only one center was operating in the Ural Federal District in 2021, the median (Me) and interquartile range (IQR) were not calculated. In such cases, values are indicated as «-» or «0 [-;-]»

Таблица 9. Статистические данные по основным показателям в СФО
Table 9. Statistical data on key performance indicators for the Siberian Federal District

Показатель	Значение	2022–2024 гг.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Исследования, все	∑ (Me)	11126 (2471)	380 (-)	4734 (2367)	6012 (3006)
	IQR [Q1;Q3]	394 [2263;2657]	0 [-;-]	104 [2315;2419]	349 [2831;3180]
Исследования, регион	∑ (Me)	10434 (2354)	374 (-)	2226 (2226)	5480 (2740)
	IQR [Q1;Q3]	382 [2226;2608]	0 [-;-]	0 [2226;2226]	132 [2674;2806]
Пациентов, регион	∑ (Me)	8404 (1895)	374 (-)	3891 (1945)	4139 (2069)
	IQR [Q1;Q3]	329 [1781;2110]	0 [-;-]	164 [1863;2027]	174 [1982;2156]
Исследований на 1000 населения, регион	Me	1,2	0,2	1,06	1,33
	IQR [Q1;Q3]	0,35 [0,88;1,24]	0 [-;-]	0,18 [0,97;1,15]	0,13 [1,27;1,40]
Исследований на 1 пациента, регион	Me	1,25	1	1,18	1,33
	IQR [Q1;Q3]	0,16 [1,12;1,28]	0 [-;-]	0,7 [1,15;1,22]	0,05[1,30;1,35]
Сканеров на 1 млн населения, регион	Me	0,53	0,53	0,45	0,45
	IQR [Q1;Q3]	0,19 [0,36;0,55]	0 [-;-]	0,09 [0,40;0,50]	0,10 [0,41;0,50]

Примечание: Ввиду того, что в 2022 г. в СФО функционировал один центр, медиана (Me) и межквартильный размах (IQR) не оценивали. В таких случаях значения указаны как «-» или «0 [-;-]»

Note: Since only one center was operating in the Siberian Federal District in 2022, the median (Me) and interquartile range (IQR) were not calculated. In such cases, the values are indicated as «-» or «0 [-;-]»

81,07 % в рамках территориальных программ ОМС субъектов округа. Динамика изменения показателей нелинейная. После пика в 2021 г. наблюдалось снижение количественных исследований в течение 2022–2023 гг., с последующим восстановлением до 13595 исследований в 2024 г. (табл. 8).

Применение РФП. УФО лидер по применению разных РФП. Первой по частоте применения оставалась ¹⁸F-FDG — 88,40 %, но ее доля ниже, чем в других федеральных округах, где обычно доля ¹⁸F-FDG составляет больше 98 %. Второй РФП по частоте применения это ⁶⁸Ga-PSMA — 8,12 %, что делает УФО лидером в PSMA-визуализации сети. В 2,33 % случаях применяется ⁶⁸Ga-DOTA-TATE, что указывает на наличие возможности специализированной диагностики нейроэндокринных опухолей.

ТОП-5 диагнозов в УФО формировали только ЗНО: лимфатической и кроветворной ткани (C81-96) в 19,93 % случаев, молочной железы (C50) — 18,03 %, ЗНО трахеи, бронха, легкого (C33,34) — 15,18 %, предстательной железы (C61) — 7,32 % и меланома кожи (C43) — 5,62 %.

Цель исследования. ПЭТ/КТ назначали для оценки эффекта проведенного лечения в 51,72 % случаев, для первичной диагностики (стадирования) — 27,12 %, динамического наблюдения — 10,70 %, выявлении прогрессирования — 5,15 % и подозрении на рецидив — 1,77 %. В 3,53 % случаях цель исследования не указана. Доля исследований с целью первичной диагностики (стадирования) является самой высокой среди всех округов.

Сибирский федеральный округ (СФО). В СФО ПЭТ-центры начали работу с 2022 г. За три года работы выполнено 11126 исследований, из них 93,8 % в рамках территориальных программ ОМС. Наблюдается устойчивый рост объемов исследований и количества пациентов (табл. 9).

Применение РФП. Все исследований выполнены только с ¹⁸F-FDG.

ТОП-5 нозологий были представлены только ЗНО: лимфатической и кроветворной ткани (C81-96) в 27,5 % случаев, ЗНО трахеи, бронха, легкого (C33,34) — в 12,12 %, меланома кожи (C43) — 10,28 %, ЗНО без уточнения локализации (C80) — 7,18 % и ЗНО яичника (C56) — 6,27 %.

Цель исследования. ПЭТ/КТ назначали для оценки эффективности проведенного лечения в 49,43 % случаев, выявления прогрессирования — 21,80 %, первичной диагностики (стадирования) — 21,74 %, динамического наблюдения — 4,58, при подозрении на рецидив — 1,83 % и цель не была указана в 0,62 %.

Важное методологическое замечание. Ввиду того, что в Новосибирском центре все направительные диагнозы были закодированы по МКБ 10 как Z01 (Другие специальные осмотры и обследования лиц, не имеющих жалоб или установленного диагноза) анализ нозологий и целей проводился только по данным центра г. Омска.

Обсуждение

Анализ деятельности сети «ПЭТ-Технолоджи» за 2021–2024 гг. выявил гетерогенную модель с региональными диспропорциями — феномену, описанному и в других странах с неравномерным распределением ресурсов ядерной медицины (например, в Бразилии) [51–55].

В рамках нашего исследования интересен опыт Японии и его экстраполяция на наши результаты, показывающие, что в сети «ПЭТ-Технолоджи» доминирует ¹⁸F-FDG (98,7 % всех исследований). Япония, будучи одним из мировых лидеров в ядерной медицине, с 1982 г. каждые 5 лет публикует результаты национального исследования в области ядерной медицины. В 2022 г. данные девятого национального исследования, в котором участвовало более 90 %

учреждений ядерной медицины, показывают аналогичную картину — в Японии в 2022 г. доминант ^{18}F -FDG, которая применяется преимущественно в онкологии (80,1 %) и скрининге (17,6 %) кардиологии (0,9 %) и неврологии (0,7 %). Специфические РФП (не ^{18}F -FDG) — нишевое, но растущее направление. Их внедрение происходит выборочно, главным образом в нейровизуализации (^{18}F -флуоретамол, ^{18}F -флорбеттапир), тогда как ^{18}F -PSMA и ^{68}Ga -DOTA остаются вне клинической практики (в последнем отчете не упоминаются). Опыт Японии подчёркивает консервативный, но устойчивый подход к развитию ядерной медицины [25].

Абсолютное большинство исследований в сети «ПЭТ-Технолоджи» выполнено по поводу ЗНО. Неонкологические показания для ПЭТ/КТ практически отсутствуют (<0,3 %). В то же время в международной практике ПЭТ/КТ активно используется при лихорадке неясного генеза, васкулитах, саркоидозе, эндокардите, нейродегенеративных заболеваний, оценке жизнеспособности миокарда и других заболеваниях [10, 14, 15, 52]. Например, французское исследование (Greuez et al., 2025) показало, что у пациентов старше 75 лет при лихорадке неясного генеза ПЭТ/КТ изменяет тактику лечения в 38,8 % случаев [10].

Более трети всех ПЭТ/КТ в сети выполнены с целью мониторинга терапии при ЗНО, что соответствует клиническим рекомендациям Минздрава Российской Федерации (<https://cr.minzdrav.gov.ru/>), Российского общества клинической онкологии (<https://www.rosoncweb.ru/>) и NCCN (https://www.nccn.org/guidelines/category_1) и является отражением персонализированного подхода к лечению пациентов с ЗНО [5, 53].

Более 80 % исследований выполняется в рамках ОМС, что подчеркивает глубокую интеграцию сети «ПЭТ-Технолоджи» в национальную систему здравоохранения РФ.

Ограничения исследования

Выборка ограничена данными одной частной сети ПЭТ/КТ-центров «ПЭТ-Технолоджи». Это не позволяет экстраполировать полученные результаты на всю систему ядерной медицины РФ, особенно в регионах, где работают ПЭТ/КТ-центры в государственных медицинских организациях или других частных компаний. Таким образом, полученная картина отражает ландшафт конкретной сети, а не национальную реальность. Во-вторых, недостаточный объём наблюдений на уровне отдельных федеральных округов и Москвы не позволил применить параметрические и непараметрические инференционные методы с достаточной статистической мощностью. Это ограничивает возможность делать достоверные выводы о динамике. Отсутствие данных о клинических исходах — таких как изменение лечебной тактики,

выживаемость и др. не даёт возможности оценить реальную клиническую ценность и эффективность ПЭТ/КТ в изучаемой когорте. Анализ ограничивается операционными и организационными показателями, что важно для управления, но недостаточно для оценки медицинской пользы.

Выводы

Настоящее исследование, основанное на данных крупной частной медицинской сети «ПЭТ-Технолоджи», демонстрирует важную роль частного сектора в обеспечении доступности ПЭТ/КТ на национальном уровне. Представленная в работе методология оценки ПЭТ/КТ в структуре здравоохранения на примере частной медицинской сети «ПЭТ-Технолоджи», подчеркивая важность сбора, агрегации информации.

В 98,7 % случаев исследования выполняются с ^{18}F -ФДГ, в то время как применение других РФП носит точечный характер и локализовано в отдельных центрах.

Пока потенциал метода до конца не реализован — доля неонкологических исследований не превышает 0,3 %.

В клинической практике основной фокус диагностики — контроль эффективности назначенного лечения при ЗНО.

Результаты нашего исследования могут служить ориентиром для планирования в частном секторе и стимулом для создания национальной системы мониторинга, обеспечивающей прозрачность и сопоставимость данных [19].

Список литературы / References

1. Meikle SR, Sossi V, Roncali E, et al. Quantitative PET in the 2020s: a roadmap. *Physics in Medicine and Biology*. 2021;66(6):06RM01. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/abd4f7>.
2. Hansen SB, Bender D. Advancement in Production of Radiotracers. *Seminars in Nuclear Medicine*. 2022;52(3):266-75. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2021.10.003>.
3. Belcari N, Bisogni MG, Del Guerra A. Positron emission tomography: its 65 years and beyond. *Riv Nuovo Cim*. 2023;46:693-785. <https://doi.org/10.1007/s40766-024-00050-3>.
4. Petersen H, Holdgaard PC, Madsen PH, et al. FDG PET/CT in cancer: comparison of actual use with literature-based recommendations. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2016;43(4):695-706. <https://doi.org/10.1007/s00259-015-3217-0>.
5. Ebner R, Sheikh GT, Brendel M, et al. ESR Essentials: staging and restaging with FDG-PET/CT in oncology — practice recommendations by the European Society for Hybrid, Molecular and Translational Imaging. *Eur Radiol*. 2025;35:1894-902. <https://doi.org/10.1007/s00330-024-11094-8>.
6. Ambrosini V, Kunikowska J, Baudin E, et al. Consensus on molecular imaging and theranostics in neuroendocrine neoplasms. *Eur J Cancer*. 2021;146:56-73. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2021.01.008>.
7. Солодкий ВА, Фомин ДК. Современные тенденции развития ядерной медицины в Российской Федерации и мире в целом. *Вопросы онкологии*. 2009;55(4):413-5. EDN KYLP1B. Solodkiy VA, Fomin DK. Present-day trends in development of nuclear medicine in the russian federation and the world at large. *Problems Of Oncology*. 2009;55(4):413-5. EDN KYLP1B. (In Russ.).

8. Cabras S, Manera U, Di Pede F, et al. Role of 2-[¹⁸F]FDG-PET as a biomarker of upper motor neuron involvement in amyotrophic lateral sclerosis. *Journal of neurology*. 2025;272(12):766. <https://doi.org/10.1007/s00415-025-13501-6>.
9. Yamanaka K, Okada K, Kato D, et al. Usefulness of 18-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography in Establishing the Optimal Surgical Strategy for Prosthetic Aortic Graft Infection. *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2025;67(12):ezaf374. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaf374>.
10. Greuez C, Lorenzo-Villalba N, Bessac DM, et al. Interest of 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography for Fever and Inflammatory Syndrome of Unknown Origin in Elderly Patients: A Retrospective Real-Life Single-Center Study from a University Referral Hospital. *J Clin Med*. 2025;14(4):1188. <https://doi.org/10.3390/jcm14041188>.
11. Debus J, von Götze I, Brandt J, et al. 68Ga-FAPI PET/CT for non-invasive characterization and activity assessment of ulcerative colitis and Crohn's disease. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2026. <https://doi.org/10.1007/s00259-025-07686-1>.
12. Joseph J, Birnie D, Nery PB, et al. Positive fluorodeoxyglucose positron emission tomography in Lyme myocarditis: A case report. *HeartRhythm case reports*. 2025;11(12):1359-1362. <https://doi.org/10.1016/j.hrct.2025.10.002>.
13. Аншелес АА, Шимчук ГГ, Брускин АБ, и др. Перспективы возможностей визуализации атеросклероза методом позитронно-эмиссионной томографии в Российской Федерации. *Атеросклероз и дислипидемии*. 2022;(4):5-9. Ansheles AA, Shimchuk GG, Bruskin AB, et al. Prospects for imaging atherosclerosis using positron emission tomography in the Russian Federation. *Atherosclerosis and Dislipidemy*. 2022;(4):5-9. <https://doi.org/10.34687/2219-8202.JAD.2022.04.0001>. (In Russ.).
14. Nag S, Stepanov V, Takano A, et al. Development of 18F/11C-Labeled Pyrrolo-Pyridine/Pyrimidine LRRK2 Selective PET Radioligands. *Pharmaceuticals*. 2025;18(12):1790. <https://doi.org/10.3390/ph18121790>.
15. Bentestuen M, Dahlsgaard-Wallenius S, Stolberg MMK, et al. Non-malignant findings on FAPI PET: An updated rapid systematic review of the literature. *Semin Nucl Med*. 2025. Advance online publication. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2025.11.015>.
16. Wang G, Lai Y, Chen D, et al. First-in-Human PET Imaging of Prostate Cancer Using [⁶⁸Ga]Ga-AZ-093 and Its Nitroimidazole-Conjugated Derivative [⁶⁸Ga]Ga-AZ-NI-093. *Journal of nuclear medicine*. 2026;67(1):105-112. <https://doi.org/10.2967/jnumed.125.270703>.
17. Zhao M, Wei H, Wang M, et al. Molecular imaging of fibroblast activation in systemic sclerosis using [¹⁸F]AIF-NOTA-FAPI-04 PET/CT: a prospective cohort study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2025. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00259-025-07586-4>.
18. Kirienko M, Gelardi F, Fiz F, et al. Personalised PET imaging in oncology: an umbrella review of meta-analyses to guide the appropriate radiopharmaceutical choice and indication. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2024;52(1):208-224. <https://doi.org/10.1007/s00259-024-06882-9>.
19. Giammarile F, Castellucci P, Dierckx R, et al. Non-FDG PET/CT in Diagnostic Oncology: a pictorial review. *European J Hybrid Imaging*. 2019;3(1):20. <https://doi.org/10.1186/s41824-019-0066-2>.
20. Zhang M, Qian J, Jia Y, et al. Translocator Protein 18 kDa-Targeted Total-Body PET Imaging Reveals Immune-Specific Vascular Inflammation in Large-Vessel Vasculitis: A Prospective Head-to-Head Comparison with 18F-FDG. *Journal Nucl Med*. 2025. Advance online publication. <https://doi.org/10.2967/jnumed.125.270910>.
21. Godinez F, Mingels C, Bayerlein R, et al. Total Body PET/CT: Future Aspects. *Semin Nucl Med*. 2025;55(1):107-115. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2024.10.011>.
22. Aide N, Lason C, Desmouts C, et al. Advances in PET/CT Technology: An Update. *Semin Nucl Med*. 2022;52(3):286-301. <https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2021.10.005>.
23. Islam MR, Zohra FT, Watabe H. Current Applications and Advancements of State-of-the-Art technology of PET-CT. *Bangladesh J Nucl Med*. 2025;28(1):149-155. <https://doi.org/10.3329/bjnm.v28i1.79547>.
24. Grigoryan A, Bouyoucef S, Sathekge M, et al. Development of nuclear medicine in Africa. *Clin Transl Imaging*. 2022;10:101-111. <https://doi.org/10.1007/s40336-021-00468-3>.
25. Okizaki A, Nishiyama Y, Inui Y, et al. Nuclear medicine practice in Japan: a report of the ninth nationwide survey in 2022. *Ann Nucl Med*. 2024;38(4):315-327. <https://doi.org/10.1007/s12149-024-01905-9>.
26. Adam J, Svobodník A, Štěpánová R, et al. Analysis of progression of number and structure of scans performed using PET, PET/CT and PET/MRI in the Czech Republic in 2013–2021. *Klin Onkol*. 2024;37(4):259-269. <https://doi.org/10.48095/ccko2024259>.
27. Gallach M, Mikhail Lette M, Abdel-Wahab M, et al. Addressing Global Inequities in Positron Emission Tomography-Computed Tomography (PET-CT) for Cancer Management: A Statistical Model to Guide Strategic Planning. *Medical science monitor*. 2020;26:e926544. <https://doi.org/10.12659/MSM.926544>.
28. Das KJ, Meena JK, Singhal A. Nuclear Oncology in Northeast India: Current scenario, challenges, and way forward. *Ann Oncol Res Ther*. 2022;2(2):71-76. https://doi.org/10.4103/aort.aort_19_22.
29. Holzgreve A, Hellwig D, Barthel H, et al. PET imaging utilization and trends in Germany: a comprehensive survey. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2025;52(12):4390-4398. <https://doi.org/10.1007/s00259-025-07323-x>.
30. Canadian Medical Imaging Inventory 2022–2023: PET-CT and PET-MRI: CMII Report. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2024 Aug. Report No.: HC0024-04. PMID: 39312604. Bookshelf ID: NBK607342.
31. Lynch C, Reguilon I, Langer DL, et al. A comparative analysis: international variation in PET-CT service provision in oncology-an International Cancer Benchmarking Partnership study. *International J for Quality in Health Care*. 2021;33(1):mzaa166. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzaa166>.
32. Chao YS, Sinclair A, Morrison A, et al. The Canadian Medical Imaging Inventory 2019–2020. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2021 Jan. PMID: 34990091. Bookshelf ID: NBK576053.
33. Шимчук ГГ, Брускин АБ, Шимчук Г.Г. Возможности и перспективы создания ПЭТ-центров в России на основе генераторных радионуклидов. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2022;67(6):62-66. Shimchuk GG, Bruskin AB, Shimchuk GrG. Opportunities and Prospects for Russia to Create PET Centers Based on Generator Radionuclides. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2022;67(6):62-66. <https://doi.org/10.33266/1024-6177-2022-67-6-62-66>. (In Russ.).
34. Kennedy-Dixon TG, McDonnough K, Reid M, et al. Trends in the utilization of nuclear medicine technology in Jamaica: Audit of a private facility. *World J Nucl Med*. 2020;20(2):129-132. https://doi.org/10.4103/wjnm.WJNM_92_20.
35. Yoon J, Kim H, Woo DH, et al. F-18 FDG PET/CT Clinical Service Trends in Korea from 2018 to 2022: A National Surveillance Study. *Nucl Med Mol Imaging*. 2025;59(2):117-124. <https://doi.org/10.1007/s13139-024-00898-7>.
36. Graham MM. The Future of Nuclear Medicine in the United States. *J Nucl Med*. 2023;64(9):1352-1353. <https://doi.org/10.2967/jnumed.122.265314>.
37. Lawal IO. Nuclear Medicine Training: Skills and Competencies Required for Practice in the 21st Century. *World J Nucl Med*. 2023;22(2):75-77. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1769588>.

38. Gremillet E, Lemaire B, Prigent A, et al. Nuclear medicine training and practice in France. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2013;40(6):976-978. <https://doi.org/10.1007/s00259-013-2352-8>.
39. Чипига ЛА, Ладанова ЕР, Водоватов АВ, и др. Тенденции развития ядерной медицины в Российской Федерации за 2015–2020 гг. *Радиационная гигиена*. 2022;15(4):122-33. Chipiga LA, Ladanova ER, Vodovатов AV, et al. Trends in the development of nuclear medicine in the Russian Federation for 2015–2020. *Radiation Hygiene*. 2022;15(4):122-33. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2022-15-4-122-133>. (In Russ.).
40. Чипига ЛА, Козлова КН, Звонова ИА, и др. География и структура центров ядерной медицины на территории Российской Федерации по состоянию на 2025 г. *Радиационная гигиена*. 2025;18(2):98-108. Chipiga LA, Kozlova KN, Zvonova IA, et al. The geography and structure of nuclear medicine centres in the Russian Federation in 2025. *Radiation Hygiene*. 2025;18(2):98-108. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2025-18-2-98-108>. (In Russ.).
41. Морозов СП, Смолярчук МЯ, Владимирский АВ. ПЭТ/КТ в здравоохранении Москвы: оснащенность, использование, доступность. *REJR* 2018; 8(3):318-24. Morozov SP, Smolyarchuk MY, Vladimirovskiy AV. PET/CT in Moscow healthcare: Equipment, utilization, and accessibility. *REJR*. 2018;8(3):318-24. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2018-8-3-318-324>. (In Russ.).
42. Завадовский КВ, Веснина ЖВ, Анашбаев ЖЖ, и др. Современное состояние ядерной кардиологии в Российской Федерации. *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(12):5134. Zavadovskiy KV, Vesnina ZhV, Anashbaev ZhZh, et al. Current status of nuclear cardiology in the Russian Federation. *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(12):5134. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-5134>. (In Russ.).
43. Калмыков С.Н. «Мы должны стремиться к тому, чтобы вернуть России былые позиции в ядерной медицине». Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2022;12(4):356-8. Kalmykov SN. "We should strive to attain Russia's former standing in nuclear medicine". *Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation*. 2022;12(4):356-8. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2022-12-4-356-358>. (In Russ.).
44. Уйба ВВ, Удалов ЮД, Лебедев АО, и др. Перспективы внедрения технологий ядерной медицины в системе ФМБА России. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2019;64(2):5-10. Uiba VV, Udalov YuD, Lebedev AO, et al. Prospects for implementing nuclear medicine technologies within the FMBA of Russia system. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2019;64(2):5-10. https://doi.org/10.12737/article_5ca58d9b366162.17322538. (In Russ.).
45. Курашвили ЮБ, Каприн АД. Ядерная медицина в России: организационные проблемы и пути их решения. *Медицинская физика*. 2016;(2):43-46. Kurashvili YuB, Kaprin AD. Nuclear medicine in Russia: organizational challenges and solutions. *Medical Physics*. 2016;(2):43-46. EDN VZGVUV. (In Russ.).
46. Яновский А. Конкуренция необходима. *Московская медицина*. 2016;(1):87-89. Yanovsky A. Competition is essential. *Moscow Medicine*. 2016;(1):87-89. EDN XCEDVL. (In Russ.).
47. Ишутин СВ. Оценка участия проекта государственно-частного партнерства АО «ЕМЦ» в московском здравоохранении по оказанию услуги ПЭТ/КТ-диагностика. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(2S):67. Ishutin SV. Assessment of the involvement of the public-private partnership project of «EMC» in PET/CT diagnostics within Moscow healthcare. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(2S):67. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-S2>. (In Russ.).
48. Аксенова ЕИ, Горбатов СЮ, Камынина Н.Н. Глобальное видение устойчивого развития и реформ здравоохранения. Проекты мегаполисов и стран мира: монография [Электронный ресурс]. Москва: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ»; 2023. 93 с. ISBN 978-5-907717-84-8. URL: <https://niiiozmm.dzm.ru/monografii/> (дата обращения: 04.03.2026). Aksenova EI, Gorbatov SYu, Kamynina NN. Global vision of sustainable development and healthcare reforms: Megacity and national projects worldwide. Moscow: GBU "NIIIOZMM DZM"; 2023. 93 p. ISBN 978-5-907717-84-8. URL: <https://niiiozmm.dzm.ru/monografii/> (In Russ.).
49. Лэнг ТА, Сесик М. Как описывать статистику в медицине: руководство для авторов, редакторов и рецензентов. Пер. с англ. под ред. В.П. Леонова. Москва: Практическая медицина; 2011. ISBN 978-5-98811-173-4. EDN QLYKNZ. Lang TA, Sedic M. How to report statistics in medicine: Annotated guidelines for authors, editors, and reviewers. VP Leonov (Ed.). Moscow. 2011. ISBN 978-5-98811-173-4. EDN QLYKNZ. (In Russ.).
50. Буланов НМ, Суворов АЮ, Блюсс ОБ и др. Основные принципы применения описательной статистики в медицинских исследованиях. *Сеченовский вестник*. 2021;12(3):4-16. Bulanov NM, Suvorov AYu, Blyuss OB, et al. Basic principles of descriptive statistics in medical research. *Sechenov Bulletin*. 2021;12(3):4-16. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2021.12.3.4-16>. (In Russ.).
51. da Silva Brandão Rodrigues M, Magne TM, Santos-Oliveira R. Inside Brazilian nuclear medicine: numbers, projections and behaviors. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2023;50(13):3809-16. <https://doi.org/10.1007/s00259-023-06386-y>.
52. Ebenhan T, Kleynhans J, Zeevaart JR, et al. Non-oncological applications of RGD-based single-photon emission tomography and positron emission tomography agents. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021;48(5):1414-33. <https://doi.org/10.1007/s00259-020-04975-9>.
53. Han EJ, Lim CH, Oh J, et al. 18F-FDG PET/CT for Oncological Patients: Procedural Guideline by the Korean Society of Nuclear Medicine Version 2.0. *Nucl Med Mol Imaging*. 2025;59(6):377-88. <https://doi.org/10.1007/s13139-025-00928-y>.
54. Suzuki K, Miyake H, Inaki A, et al. Policy recommendations for promoting nuclear medicine therapy in Japan 2025, from the Working Group for promoting nuclear medicine therapy of the Japan Society of Clinical Oncology. *Int J Clin Oncol*. 2025;30(11):2168-77. <https://doi.org/10.1007/s10147-025-02858-3>.
55. Kefallonitou D, Polycarpou I, Souliotis K, et al. Integrating a Positron Emission Tomography/Computed Tomography Into the National Health System of Cyprus: Will It Return on Its Investment? *Front Public Health*. 2021;9:607761. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.607761>.

Information about the authorsAlexander S. Aladin, <https://orcid.org/0000-0002-3621-1876>Nikolai V. Nudnov, MD, <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>Platon A. Aladin, <https://orcid.org/0009-0002-7954-2402>

Вклад авторов

Аладин А.С. Разработка идеи и концепции исследования, систематический поиск и отбор научной литературы, обработка первичных данных, выполнение статистических расчётов, интерпретация результатов и написание основных разделов статьи.
Нуднов Н.В. Разработка идеи и концепции, научное руководство на всех этапах исследования, критический пересмотр и редактирование текста статьи.
Аладин П.А. Агрегация и систематизация цифровой информации, разработка и применение собственного программного кода для формирования аналитических таблиц и подготовки данных к статистической обработке.

Финансирование

Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Н.В. Нуднов является членом редакционного совета журнала «Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия», но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.

Декларация об использовании искусственного интеллекта

При подготовке настоящей работы авторы использовали DeepSeek AI (<https://chat.deepseek.com>) и Qwen AI (<https://chat.qwen.ai>) с целью редактирования и улучшения читаемости текста. После применения указанных инструментов авторы проверили и отредактировали содержание и несут полную ответственность за содержание публикации.

Поступила: 14.02.2026

Принята к публикации: 05.04.2026

Опубликована online: 26.06.2026

Authors' contributions

Alexander S. Aladin. Conceptualization and design of the study, systematic literature search and selection, primary data processing, statistical analysis, interpretation of results, and drafting of the main sections of the manuscript.
Nikolai V. Nudnov. Conceptualization and scientific and methodological supervision throughout all stages of the study, contribution to the conceptual framework, critical revision, and editing of the manuscript.
Platon A. Aladin. Aggregation and systematization of digital data, development and implementation of custom software code for generating analytical tables and preparing data for statistical analysis.

Funding

The study had no sponsorship.

Conflict of interests

Nikolai V. Nudnov is a member of the editorial council of the journal "Journal of oncology: diagnostic radiology and radiotherapy" but had no role in the decision to publish this article. The article has undergone the journal's established peer-review process. The authors have declared no other conflicts of interest.

Declaration on the Use of Artificial Intelligence

During the preparation of this manuscript, the authors used DeepSeek AI (<https://chat.deepseek.com>) and Qwen AI (<https://chat.qwen.ai>) for text editing and readability enhancement. Following the use of these tools, the authors reviewed and revised the content as necessary and retain full responsibility for the final publication.

Received: 14.02.2026

Accepted for publication: 05.04.2026

Published online: 26.06.2026