

Научная статья

УДК 614.2

doi:10.69541/NRIPH.2025.03.009

Динамика показателей эффективности труда врачей-рентгенологов в условиях централизации лучевой диагностики

Юрий Александрович Васильев¹, Роман Игоревич Волошин²,
Антон Вячеславович Владзимирский³, Злата Романовна Артюкова^{4✉},
Рустам Арсеневич Ерижиков⁵

^{1–5}Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» (ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»), г. Москва, Российская Федерация

¹VasilevYA1@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

²VoloshinRI@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5097-102X>

³VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

⁴ArtyukovaZR@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2960-9787>

⁵ErizhokovRA@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3636-2889>

Аннотация. В экономически развитых странах растет нагрузка на системы здравоохранения из-за увеличения объемов медицинских услуг диагностической направленности. Однако, остается проблема дефицита кадров. Решением становится централизация лучевой диагностики в сочетании с автоматизацией процессов, при которой врачи-рентгенологи фокусируются только на анализе и интерпретацией результатов исследований. Необходимо провести оценку эффективности труда врачей-рентгенологов в условиях централизации в Московском референс-центр лучевой диагностики. **Цель:** комплексно оценить эффективность труда врачей-рентгенологов в условиях централизации лучевой диагностики. **Материалы и методы:** данные охватывали период с августа 2020 г. по июль 2024 г. Использована выгрузка из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы. Структура полученной базы данных: деперсонализированный идентификатор врача-рентгенолога, дата начала работы, объем ставки, отработанные часы, фактически выполненные описания по модальностям, всего выполненных описаний, план и его выполнение в условных единицах и процентах, результаты аудита. Проведен расчет показателей интенсивности, трудоемкости, выработки, производительности труда. **Результаты:** в Московском референс-центр отмечается постоянное стабильное увеличение производительности труда. С 2020 по 2024 гг. произошел почти двукратный рост этого показателя: с 782,02 до 1325,20 соответственно. В 2020 г. трудоемкость работы врачей-рентгенологов в референс-центре в среднем составляла 12,57, к 2024 г. составила 8,77. Среднее значение интенсивности труда в 2022 г. составляло 92,34, в 2024 г. значение этого показателя составило 196,07. Проведен расчет показателя выработки. В 2020 г. он составил 8,57, в 2021 г. повысился до 11,07. В последующие периоды установилось «плато». **Вывод:** изменение условий труда и способов его осуществления повышает производительность труда врачей-рентгенологов с одновременным снижением его трудоёмкости. Модель организации лучевой диагностики на основе централизации более эффективна, чем распределение ресурсов по медицинским организациям в первичном звене здравоохранения.

Ключевые слова: лучевая диагностика, референс-центр, трудоемкость, интенсивность труда, рентгенология.

Для цитирования: Васильев Ю. А., Волошин Р. И., Владзимирский А. В., Артюкова З. Р., Ерижиков Р. А. Динамика показателей эффективности труда врачей-рентгенологов в условиях централизации лучевой диагностики // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н. А. Семашко. 2025. № 3. С. . doi:10.69541/NRIPH.2025.03.009.

Original article

Radiologist productivity metrics under centralized radiological care

Yuri Aleksandrovich Vasilev¹, Roman Igorevich Voloshin², Anton Vyacheslavovich Vladzymirskiy³, Zlata Romanovna Artyukova^{4*}, Rustam Arsen'evich Erizhokov⁵

^{1–5}State Budget-Funded Health Care Institution of the City of Moscow "Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department", (Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine), Moscow, Russian Federation

¹VasilevYA1@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

²VoloshinRI@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5097-102X>

³VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

⁴ArtyukovaZR@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2960-9787>

⁵ErizhokovRA@zdrav.mos.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3636-2889>

Annotation. Economically developed countries face an increasing healthcare burden due to the growing number of diagnostic procedures. Compounding this issue, personnel shortages persist. Centralizing radiological care and transitioning to automation allow radiologists to focus on the analysis and interpretation of imaging findings. Assessing radiologist productivity within a centralized system, such

as the Moscow Reference Center for Radiology, is necessary. **Goal:** to evaluate radiologist productivity within a centralized radiological care system. **Materials and Methods:** data from August 2020 to July 2024 were analyzed. The data were extracted from the Unified Radiological Information Service of the Unified Medical Information and Analytical System of Moscow. The database included anonymized radiologist identifiers, dates of employment, contractual working hours, hours worked, completed radiological reports (broken down by imaging modality), total completed reports, planned versus executed workload (in standardized units and percentages), and audit results. Labor effort, labor hours per unit, output, and productivity metrics were calculated. **Results:** the Moscow Reference Center demonstrated a consistent and stable increase in labor productivity. From 2020 to 2024, this rate nearly doubled, increasing from 782.02 to 1325.20. In 2020, the average labor hours per unit per radiologist was 12.57, decreasing to 8.77 by 2024. The average labor effort was 92.34 in 2022 and increased to 196.07 in 2024. In 2020, it was 8.57, increasing to 11.07 in 2021. The output indicator was calculated. In 2020, it was 8.57, increasing to 11.07 in 2021. A plateau was observed in subsequent periods. **Conclusion:** modifying working conditions and activities enhances radiologist productivity while reducing labor hours per unit. A centralized approach to radiological care proved more effective compared to distributing resources across primary care facilities.

Key words: *diagnostic imaging, reference center, labor hours per unit, labor effort, radiology.*

For citation: Vasilev Yu. A., Voloshin R. I., Vladzimyrsky A. V., Artyukova Z. R., Erizhokov R. A. Radiologist productivity metrics under centralized radiological care. *Bulletin of Semashko National Research Institute of Public Health.* 2025;(3):. (In Russ.). doi:10.69541/NRIPH.2025.03.009.

Введение

В настоящее время системы здравоохранения экономически развитых стран испытывают значительную нагрузку, связанную с ростом востребованности и объемов медицинских услуг диагностической направленности. Это обусловлено повышением уровня и средней длительности жизни, требований к доступности и качеству медицинской помощи. Наиболее выражен рост для сферы лучевой диагностики [1 — 4]. По некоторым литературным данным с 2019 по 2023 гг. произошел прирост количества рентгенографий на 25,0%, компьютерных томографий (КТ) на 96,0%, магнитно-резонансных томографий (МРТ) — на 100,0% [5]. В ответ на рост спроса нарастает парк диагностического оборудования, однако физическая нехватка врачей-рентгенологов минимизирует значимость развития инфраструктуры. Дефицит кадров становится критичным барьером.

Нехватка врачей-рентгенологов и отсутствие физической возможности подготовить требуемой количество специалистов — это две проблемы, характерные для всех экономически развитых стран. Очевидной стала ситуация, когда единственным выходом становится изменение принципов и моделей организации работы лучевой диагностики [6—11].

В этой связи перспективным подходом к организации в новых условиях становится централизация лучевой диагностики в сочетании с максимально доступной её автоматизацией. Фактически данный подход представляет собой функциональное разделение труда, когда назначение, выполнение и описание лучевого исследования становятся отдельными трудовыми процессами. Врач-рентгенолог физически «отделён» от диагностического устройства и занят исключительно анализом и интерпретацией результатов исследований.

Необходимо отметить, что сама идея централизации не нова, в той или иной мере развивается более полувека. Однако ранее она имела в основном гипотетическую целесообразность, а реализовывалась только в виде ограниченного аутсорсинга рентгенорадиологической экспертизы. Лишь после 2010 г. все более очевидной стала её безальтернативность.

За последние годы в целом ряде субъектов Российской Федерации появились так называемые референс-центры лучевой диагностики. В своей деятельности они опираются на централизованные архивы медицинских изображений (ЦАМИ), развитую цифровую инфраструктуру здравоохранения [12]. В референс-центрах физически собирают команды врачей-рентгенологов для описания и протоколирования исследований, выполняемых в распределенной сети медицинских организаций.

К 2020 г. в г. Москве проведена масштабная подготовительная работа, включавшая организационно-управленческие, методологические, технологические, образовательные мероприятия, особые мероприятия по стандартизации. Благодаря этому на базе ГБУЗ г. Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения Москвы» (НПКЦ ДиТ ДЗМ) создан Московский референс-центр лучевой диагностики (МРЦ). Проведена поэтапная централизация лучевой диагностики первичного звена здравоохранения столицы. До 100,0% врачей-рентгенологов переведены в МРЦ, где в круглосуточном режиме теперь выполняется протоколирование результатов всех лучевых исследований, выполняемых при оказании плановой медицинской помощи в амбулаторных условиях (в городских поликлиниках) [13—16].

Создание референс-центра представляет собой значительную трансформацию организации, условий и способов труда. Очевидно, что при этом происходит значительное сопротивление, обусловленное как объективными, так и субъективными факторами. Функциональное разделение труда обеспечивают концентрацию врача-рентгенолога на основной трудовой операции — описанию результатов исследований. Количество таких описаний в смену растет, что создает представления о росте тяжести труда. Соответствует ли представление реальности — это открытый вопрос. С другой стороны, централизация призвана решить проблему роста спроса и объемов проводимых в сети медицинских организаций лучевых исследований. Очевидно, что кадровый дефицит при этом должен быть компенсирован ростом производительности труда. Ранее публиковались результаты централизации в аспекте улучшения качества медицинской помощи, но ас-

Таблица 1

Описательная статистика данных по производительности труда врачей-рентгенологов в условиях централизации по годам

Статистика	2020	2021	2022	2023	2024
N	5	12	12	12	7
Mean	782,02	1239,60	1256,13	1315,82	1325,20
SD	300,88	204,85	216,60	131,57	181,29
95 % ДИ	(408,42; 1155,61)	(1109,44; 1369,75)	(1118,51; 1393,75)	(1232,23; 1399,42)	(1157,54; 1492,87)
Min	311,50	910,56	965,92	1005,96	1104,46
Max	1116,69	1693,28	1728,26	1464,25	1532,97
Med	772,77	1247,77	1181,27	1342,53	1380,74
Q1	759,39	1150,69	1138,68	1276,04	1109,50
Q3	949,73	1305,37	1341,02	1395,09	1501,96

пекты эффективности труда врачей-рентгенологов фактически не изучались [12, 16—19]. За несколько лет системной работы МРЦ накоплены данные, позволяющие в динамике изучить совокупность показателей эффективности труда.

Цель исследования. Комплексно оценить эффективность труда врачей-рентгенологов в условиях централизации лучевой диагностики.

Материалы и методы

Концептуально исследование базировалось на классических подходах к оценке производительности труда, в том числе в здравоохранении [20—31].

В качестве исходных данных использована выгрузка из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы (ЕРИС ЕМИАС) — государственной информационной системы в сфере здравоохранения субъекта Российской Федерации. Структура полученной базы данных: деперсонализированный идентификатор врача-рентгенолога — сотрудника Московского референс-центра лучевой диагностики, дата начала работы в МРЦ, объем ставки, отработанные часы, фактически выполненные описания по модальностям, всего выполненных описаний, план и его выполнение в условных единицах и процентах, результаты аудита (внутреннего контроля качества). Данные охватывали период с августа 2020 г. по июль 2024 г. Проведен расчет показателей интенсивности, трудоемкости, выработки, производительности труда за период времени [32].

Формула расчета производительности труда:

$$ПТ = КП/ЧП,$$

где ПТ — производительность труда, КП — количество продукции, ЧП — численность персонала (в том числе определенной категории).

Формула расчета выработки:

$$ВР = КП/ЕРВ,$$

где ВР — выработка, КП — количество продукции, ЕРВ — единица рабочего времени.

Формула расчета трудоемкости:

$$ТЕ = ЗТ/КП,$$

где ТЕ — трудоемкость, ЗТ — затраты труда (фактически отработанные человеко-часы), КП — количество продукции.

Формула расчета интенсивности труда (формула Г. Н. Черкасова):

$$ИТ = П/РВ \cdot ПТ,$$

где ИТ — интенсивность труда, П — общий объем продукции определенного качества, РВ — рабочее время для производства данной продукции, ПТ — производительность труда в единицу рабочего времени [33].

Результаты получены в условных единицах, в частности интенсивность труда в 100 тыс. единиц, трудоемкость в 0,01 единиц.

В исследовании использованы следующие методы:

- описательной статистики с указанием и вычислением следующих характеристик: число непропущенных значений (N), минимум (Min), максимум (Max), медиана (Med), среднее арифметическое значение (Mean), стандартное отклонение (SD), первый и третий квартили (Q1, Q3);
- межгрупповое сравнение посредством t-критерия Стьюдента;
- многофакторный регрессионный анализ;

Для определения статистической значимости уровень p меньше или равно 0,05, либо 95 % доверительный интервал (ДИ).

Обработка данных выполнена в программном обеспечении «MedCalc v18» (MedCalc Software Ltd).

Результаты

Изучены показатели эффективности труда врачей-рентгенологов при работе в условиях централизации: производительность, трудоемкость труда, выработка за несколько месяцев 2020 г., полные 2021—2023 гг. и 7 месяцев 2024 г. (табл. 1, 2); интен-

Таблица 2

Описательная статистика данных по трудоемкости работы врачей-рентгенологов в условиях централизации (0,01 ед.) по годам

Статистика	2020	2021	2022	2023	2024
N	3	12	12	12	7
Mean	12,57	9,14	9,61	9,39	8,77
SD	4,49	1,01	1,75	0,67	1,04
95 % ДИ	(1,41; 23,72)	(8,50; 9,78)	(8,50; 10,72)	(8,96; 9,82)	(7,81; 9,74)
Min	9,52	6,85	7,45	8,78	7,31
Max	17,72	11,07	12,55	11,14	10,44
Med	10,46	9,25	9,59	9,12	8,60
Q1	9,52	8,92	7,98	8,96	8,04
Q3	17,72	9,52	10,86	9,54	9,53

Таблица 3

Описательная статистика данных по интенсивности труда врачей-рентгенологов в условиях централизации (100 тыс. ед.) по годам

Статистика	2022	2023	2024
N	12	12	7
Mean	92,34	176,81	196,07
SD	32,12	21,44	11,83
95% ДИ	(71,93; 112,75)	(163,19; 190,44)	(185,14; 207,01)
Min	57,9	144,95	183,14
Max	160,0	216,24	210,80
Med	77,1	168,71	193,78
Q1	65,3	164,39	185,01
Q3	118,5	190,98	206,91

сивность труда — за полные 2022—2023 гг. и 7 месяцев 2024 г. (табл. 3)

При работе в референс-центре отмечается постоянное стабильное увеличение производительности труда. С 2020 по 2024 гг. произошел почти двукратный рост этого показателя: с 782,02 (95% ДИ 408,42; 1155,61) до 1325,20 (95% ДИ 1157,54; 1492,87); различия были статистически значимы ($p = 0,0029$).

Такой результат сам по себе можно считать очень положительным.

Вместе с тем теоретически работодатель может достичь роста производительности «потогонным путем», за счет наращивания тяжести и скорости труда, требований к выработке. Альтернативный путь связан с изменением условий и способов труда. Тогда тяжесть, точнее трудоёмкость, наоборот снижается, работник может трудиться быстрее, без дополнительных или даже с меньшими усилиями. Это также приводит к росту производительности труда.

Исходя из сказанного, необходим комплексный подход к оценке эффективности труда — изучены трудоёмкость и интенсивность труда врачей-рентгенологов при работе в условиях централизации.

В 2020 г. трудоёмкость работы врачей-рентгенологов в референс-центре в среднем составляла 12,57 (95% ДИ 1,41; 23,72), в 2021 г. она резко снизилась до 9,14 (95% ДИ 8,50; 9,78), а к 2024 г. составила 8,77 (95% ДИ 7,81; 9,74). Различия между 2020 г. и последующими периодами были статистически значимыми ($p = 0,0193$).

Среднее значение интенсивности труда в 2022 г. составляло 92,34 (95% ДИ 71,93; 112,75), в 2021 г. тоже произошел скачкообразный рост, а в 2024 г. значение этого показателя составило 196,07 (95% ДИ

Таблица 4

Описательная статистика данных по выработке врачей-рентгенологов в условиях централизации по годам

Статистика	2020	2021	2022	2023	2024
N	3	12	12	12	7
Mean	8,57	11,07	10,83	10,71	11,53
SD	2,58	1,36	1,87	0,69	1,37
95% ДИ	(2,16; 14,98)	(10,21; 11,94)	(9,64; 12,02)	(10,27; 11,15)	(10,27; 12,80)
Min	5,64	9,03	7,97	8,98	9,58
Max	10,51	14,60	13,42	11,39	13,69
Med	9,56	10,81	10,66	10,97	11,62
Q1	5,64	10,51	9,30	10,57	10,49
Q3	10,51	11,21	12,55	11,17	12,44

Таблица 5

Матрица корреляций между различными показателями эффективности труда

Показатель	Выработка	Интенсивность	Трудоёмкость	Производительность	Число врачей
Выработка	1,000	-0,116	-0,943	0,763	0,092
Интенсивность	-0,116	1,000	0,017	0,096	0,965
Трудоёмкость	-0,943	0,017	1,000	-0,813	-0,164
Производительность	0,763	0,096	-0,813	1,000	0,345
Число врачей	0,092	0,965	-0,164	0,345	1,000

Примечание: жирным шрифтом выделена высокая антикорреляция, курсивом — высокая корреляция

185,14; 207,01). Различия были статистически значимы ($p = 0,0441$).

Проведен расчет показатель выработки. В 2020 г. он составил 8,57 (95% ДИ 2,16; 14,98), а в 2021 г. значимо ($p = 0,0317$) повысился до 11,07 (95% ДИ 10,21; 11,94). В последующие периоды установилось «плато»: среднее значение и медиана выработки колеблются в пределах 1 условной единицы без достижения статистической значимости.

Таким образом, в условиях централизации трудоёмкость работы врачей-рентгенологов значимо снизилась, а интенсивность и выработка, наоборот, столь же значимо повысились.

Для объективной оценки взаимосвязи показателей последовательно применены методы статистического анализа. На первом этапе построена матрица корреляций между показателями (таблица 5).

Между трудоёмкостью и производительностью труда обнаружена высокая антикорреляция (-0,813); также, как и между трудоёмкостью и выработкой (-0,943), причем близкая к идеальной. С другой стороны, имела место высокая корреляция (0,763) между выработкой и производительностью.

Вторым этапом построены многофакторные регрессионные модели.

Благодаря этому установлено, что при централизации рост производительности труда врачей-рентгенологов высоко коррелирует с увеличением выработки и одновременно с уменьшением трудоёмкости ($\beta=108,28$ (95% ДИ 80,02; 136,53) и $-105,86$ (95% ДИ $-129,78$; $-81,93$) соответственно, $p < 0,001$).

Таким образом, в условиях централизации удается значимо снизить трудоёмкость трудовой операции описания результатов лучевых исследований, при этом значительно увеличив производительность труда.

При многофакторном анализе динамики трудоёмкости также выявлена значимая корреляция между ее снижением и ростом производительности труда ($\beta= -0,002$ (95% ДИ $-0,003$; $-0,000$), $p = 0,005$).

Наиболее сильный эффект состоит в снижении трудоёмкости при увеличении выработки ($\beta= -0,851$ (95% ДИ $-1,006$; $-0,697$), $p < 0,001$); натуральное значение β невелико, тем не менее в референс-центре отмечается очевидная и статистически значимая тенденция к уменьшению тяжести труда в персональном порядке и одновременный рост эффективности медицинской организации в целом.

Выявленные изменения указывают на рост эффективности труда врачей-рентгенологов в условиях референс-центра. Однако остается открытым вопрос, связан ли он с централизацией, функциональным разделением труда и цифровизацией, или обусловлен «механическим» наращиванием числа физических лиц — врачей в конкретной структуре здравоохранения.

Процесс централизации лучевой диагностики в г. Москве занял несколько лет. В 2020 г. в референс-центре работали в среднем 62 врача-рентгенолога, а в 2024 — уже 384. Характерно скачкообразное увеличение численности физических лиц в 2021 г. — до среднего количества 105 (практически на 70,0 % по сравнению с предыдущим годом), в 2022 г. — до 204 (на 94,0 % соответственно), так же, как и в 2023 г. — до 326 (на 60 %).

Согласно матрице корреляций, зависимость между числом врачей и производительностью труда, а также и выработкой крайне слабая, практически отсутствующая. На этом фоне между числом врачей в референс-центре и интенсивностью труда существует практически идеальная взаимосвязь 0,965 (табл. 5).

При многофакторном регрессионном анализе выяснено, что фактор количества врачей не имел статистически значимой ассоциации с производительности труда ($p = 0,745$), трудоёмкости ($p = 0,347$) и выработки ($p = 0,054$). Влияние же числа врачей на интенсивность минимально: увеличение числа физических лиц на 1 человека коррелировало с увеличением интенсивности труда всего лишь на 0,53 единицы (95% ДИ 0,44; 0,62; $p < 0,001$).

Обсуждение

Путем последовательного статистического анализа показателей производительности, выработки, трудоёмкости и интенсивности труда показано, что в условиях референс-центра (при централизации лучевой диагностики) достигается значительное повышение эффективности труда врачей-рентгенологов. Причем такое улучшение достигается не «потогонным» методом, а за счет трансформации условий и способов труда, функционального его разделения, цифровизации и автоматизации.

Доказано, что невозможно добиться эффективной работы референс-центра сугубо путем наращивания врачебного персонала. Как показывает статистический анализ, увеличение числа физических лиц — врачей-рентгенологов — не связано с повышением производительности труда или снижением трудоёмкости. Из этого следует, что именно централизация — это эффективный организационных подход к решению проблемы кадрового дефицита.

Интерпретация значений показателей эффективности труда может быть довольно многогранной. В данном исследовании принят следующий подход: производительность и интенсивность труда в большей мере характеризуют работу медицинской организации (конкретно — референс-центра), а трудоёмкость и выработка — отдельного врача-рентгенолога. Исходя из этого, в условиях централизации лу-

чевой диагностики формируется интересный баланс между интересами работника и работодателя:

1. На уровне отдельно взятого работника снижается трудоёмкость, а выработка стабилизируется. Ритм труда становится прогнозируемым и комфортным.
2. На уровне организации растёт производительность и интенсивность труда. В аспекте лучевой диагностики работа медицинской организации в виде референс-центра более эффективна, чем распределенной сети городских поликлиник.

Благодаря автоматизации и организационно-методическим трансформациям удалось значимо снизить трудоёмкость работы врачей, вначале вывести ее на определенное «плато» (в 2021—2023 гг.), а затем сформировать тенденцию дальнейшего снижения (в 2024 г.). Именно с этим явлением значимо и весьма выражено связан рост производительности труда. Полученные результаты — научное опровержение субъективной оценки о «потогонном» характере труда в референс-центре.

Взаимная направленность динамики производительности и выработки в целом понятна и является не столь впечатляющим достижением.

Благодаря функциональному разделению труда врач-рентгенолог полностью концентрируется на основной производственной задаче — протоколировании результатов лучевых исследований. В референс-центре исчезают второстепенные и вовсе неприемлемые задачи (дублирование функций рентгенолаборанта, непредусмотренные беседы с пациентами). Этим создаются условия для роста интенсивности труда.

В зарубежных публикациях утверждается, что интенсивный рост и преимущественно круглосуточный характер работы лучевой диагностики требует значительных трудовых ресурсов. Нехватка персонала ведет к ограничению доступности медицинской помощи, а также к снижению качества исследований за счет усталости и выгорания [5, 10, 34]. При этом необходимость оптимизация рабочего процесса часто только декларируется. Конкретно предлагаемые методы достаточно абстрактны или откровенно примитивны (например, «графики ротации должны обеспечивать разумное время отдыха для снятия усталости») [35]. В противовес этому, в нашем исследовании доказаны преимущества системного подхода к трансформации организации лучевой диагностики, на уровне мегаполиса показан рост эффективности труда врачей-рентгенологов.

Опросы показывают, что до 74,0% врачей-рентгенологов полагают, что проблемы высокой и постоянно усиливающейся производственной нагрузки могут быть решены за счет физического увеличения персонала [5]. Однако реалии подготовки и распределения кадровых ресурсов делают невозможным воплощение такого прямолинейного подхода [36—38]. Централизация лучевой диагностики изучается уже более полувека и рассматривается именно как средство решения проблемы кадрового дефицита. В нашем исследовании не только под-

тверждена эта возможность, но и доказана, с точки зрения эффективности труда, бессмысленность наращивания физического числа врачей-рентгенологов. Преодоление принципиальных проблем современной лучевой диагностики возможно лишь за счет трансформации условий и способов труда на фоне интенсивной цифровизации и автоматизации.

Заключение

Изменение условий труда (централизация, референс-центр) и способов его осуществления (цифровизация, автоматизация, методическая организация) статистически значимо повышает производительность труда врачей-рентгенологов с одновременным, столь же значимым, снижением его трудоёмкости.

Модель организации лучевой диагностики на основе централизации более эффективна, чем распределение ресурсов по медицинским организациям первичного звена здравоохранения с точки зрения комплексной динамики производительности и интенсивности труда.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Батаева П. Д., Батаев М. Д., Батаев Х. Д., Джабраилова М. А. Роль лучевой диагностики в современной медицине. *Вестник КНИИ РАН. Серия: Естественные и технические науки*. 2023;1(12):65—69.
- Козлова О. В., Трофимова Т. Н. Анализ деятельности службы по направлению «лучевая и инструментальная диагностика» за 2021 год в Санкт-Петербурге. *Лучевая диагностика и терапия*. 2023;1(14):89—97. DOI: 10.22328/2079-5343-2023-14-1-89-97
- Шелехов П. В., Омеляновский В. В. Анализ парка рентгенологического оборудования в Российской Федерации. *Медицинские технологии. Оценка и выбор*. 2023;3(45):26—32. DOI: 10.17116/medtech20234503126
- Шулькин И. М., Владимирский А. В., Шульц Е. И., Ахметов Р. Н. Актуальные проблемы управления службой лучевой диагностики первичного уровня медико-санитарной помощи. *Менеджер здравоохранения*. 2023;(2):27—39. DOI: 10.21045/1811-0185-2023-2-27-39
- Jeong CM, Kong SC. Radiology Workload and Staffing in Macao. *Korean J Radiol*. 2024;25(7):600—602. DOI: 10.3348/kjr.2024.029
- Латышова А. А., Иванова М. А. Динамика обеспеченности врачебными кадрами в государственных медицинских организациях Российской Федерации в период с 2018 по 2022 года. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2023;69(6):1—18. DOI: 10.21045/2071-5021-2023-69-6-11
- Шелехов П. В. Кадровая ситуация в лучевой диагностике. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2019;(1):265—275. DOI: 2312-2935-2019-10018
- Щепин В. О. К вопросу о кадровом обеспечении подразделений лучевой диагностики. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2014;22(5):42—45.
- Alexander R, Waite S, Bruno MA, Krupinski EA, Berlin L, Macknik S et al. Mandating Limits on Workload, Duty, and Speed in Radiology. *Radiology*. 2022;304(2):274—282. DOI: 10.1148/radiol.212631
- Kwee TC, Yakar D, Pennings JP, Kasalak C. Value-based radiology cannot thrive without reforms and research. *Eur Radiol*. 2022;32(7):4337—4339. DOI: 10.1007/s00330-022-08583-z
- Markotić V, Pojužina T, Radančević D, Miljko M, Pokrajčić V. The Radiologist Workload Increase; Where Is the Limit?: Mini Review and Case Study. *Psychiatr Danub*. 2021;33(Suppl 4):768—770.
- Кошкаров А. А., Мурашко Р. А., Елишев В. Г., Шевкунов Л. Н., Фролова И. Г., Чойнзонов Е. Л. и др. Особенности распределенного хранения медицинских изображений в онкологической службе в рамках создания единого цифрового контура. *Врач и информационные технологии*. 2020;(S1):15—27. DOI: 10.37690/1811-0193-2020-S1-15-27
- Васильев Ю. А., Кожихина Д. Д., Владимирский А. В., Шумская Ю. Ф., Мухортова А. Н., Блохин И. А. и др. Результаты работы референс-центра лучевой диагностики с применением телемедицинских технологий. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2024;68(2):102—108. DOI: 10.47470/0044-197X-2024-68-2-102-108
- Васильев Ю. А., Кудрявцев Н. Д., Мухортова А. Н., Солдатов И. В., Владимирский А. В. Показатели деятельности отделений лучевой диагностики Департамента здравоохранения города Москвы в 2016—2022 гг. *Менеджер здравоохранения*. 2024;(5):36—48. DOI: 10.21045/1811-0185-2024-5-3648
- Морозов С. П., Ледихова Н. В., Панина Е. В., Владимирский А. В., Фомичева Е. П. Качество работы рентгенолаборантов в условиях дистанционного взаимодействия с референс-центром лучевой диагностики с применением телемедицинских технологий. *Национальное здравоохранение*. 2021;2(2):36—46. DOI: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.36—46
- Морозов С. П., Владимирский А. В., Ветшева Н. Н., Ледихова Н. В., Рыжов С. А. Референс-центр лучевой диагностики: обоснование и концепция. *Менеджер здравоохранения*. 2019;(8):25—34.
- Graham Y, Hayes C, Mehrotra P, Spratt J, Siddle K, Cox J. Clinicians' perceptions of the quality of outsourced radiology and actions taken around perceived imaging errors in practice. *Eur Radiol*. 2019;29(4):1649—1654. DOI: 10.1007/s00330-018-5873-5
- Morales Santos B, Del Cura Rodriguez JL, Antñez Larracaga N. Teleradiology: good practice guide. *Radiologia (Engl Ed)*. 2023;65(2):133—148. DOI: 10.1016/j.rxeng.2022.11.005
- Vendrell JF, Frandon J, Boussat B, Cotton F, Ferretti G, Sans N et al. Double Reading of Outsourced CT/MR Radiology Reports: Retrospective Analysis. *J Patient Saf*. 2021;17(8):e1267-e1271. DOI: 10.1097/PTS.0000000000000525
- Брескина Т. Н., Сафонов А. А. Производительность труда в здравоохранении. *Менеджмент качества в медицине*. 2020;(3):41—45.
- Бухалков М. И. Организация и нормирование труда. 4-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М; 2013.
- Водолазский А. А. Производительность труда проблемы и решения. СПб.: СУПЕР издательство; 2021.
- Воробьев С. П. Методические аспекты анализа производительности труда медицинских работников. *Менеджер здравоохранения*. 2014;(2):13—18.
- Кадыров Ф. Н. Экономические методы оценки эффективности деятельности медицинских учреждений. М.: ИД «Менеджер здравоохранения»; 2011.
- Комаров Е. И., Стрельникова Н. Н., Малофеев И. В. Управление эффективностью социальных учреждений. М.: Дашков и К°; 2014.
- Маркс К. Капитал: критика политической экономии. Т. 1. Процесс производства Капитала. М.: Эксмо; 2011.
- Найденова Е. А., Михайлова С. А., Кабакова Т. И. Трудовые ресурсы и показатели по труду в аптечной организации. *Пятигорск: РИА-КМВ*; 2022.
- Попсуйко А. Н., Бацина Е. А., Морозова Е. А., Артамонова Г. В. Производительность труда в медицинских организациях как объект научного анализа. *Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова*. 2021;18(2):77—89. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-2-77-89
- Cadena B. C., Smith A. C. Performance pay, productivity, and strategic opt-out: Evidence from a community health center. *Journal of Public Economics*. 2022;(206):104580. DOI: 10.1016/j.jpubeco.2021.104580
- De Barros L. B., Bassi L. C., Caldas L. P., et al. Lean Healthcare Tools for Processes Evaluation: An Integrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7389. DOI: 10.3390/ijerph18147389
- Yaghoubi M., Salimi M., Meskarpour-Amiri M. Systematic review of productivity loss among healthcare workers due to Covid-19. *Int J Health Plann Manage*. 2022;37(1):94—111. DOI: 10.1002/hpm.3351

32. Васильев Ю. А., Тыров И. А., Владимирский А. В., Волошин Р. И., Голикова А. Ю., Шулькин И. М. Производительность живого труда в лучевой диагностике. М.: Издательские решения; 2025.
33. Бухалков М. И. Организация и нормирование труда. 4-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М; 2013.
34. Shi J, Giess CS, Martin T, Lemaire KA, Curley PJ, Bay C et al. Radiology Workload Changes During the COVID-19 Pandemic: Implications for Staff Redeployment. *Acad Radiol.* 2021;28(1):1—7. DOI: 10.1016/j.acra.2020.09.008
35. Аyyala RS, Baird GL, Sze RW, Brown BP, Taylor GA. The growing issue of burnout in radiology — a survey-based evaluation of driving factors and potential impacts in pediatric radiologists. *Pediatr Radiol.* 2020;(50):1071—1077. DOI: 10.1007/s00247-020-04693-2
36. Голубев Н. А., Огрызко Е. В., Тюрина Е. М., Шелепова Е. А., Шелехов П. В. Особенности развития службы лучевой диагностики в Российской Федерации за 2014—2019 года. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики.* 2021;(2):356—376. DOI: 10.24412/2312-2935-2021-2-356-376
37. Afshari Mirak S, Tirumani SH, Ramaiya N, Mohamed I. The Growing Nationwide Radiologist Shortage: Current Opportunities and Ongoing Challenges for International Medical Graduate Radiologists. *Radiology.* 2025;314(3):e232625. DOI: 10.1148/radiol.232625
38. Meng F, Zhan L, Liu S, Zhang H. The Growing Problem of Radiologist Shortage: China's Perspective. *Korean J Radiol.* 2023;24(11):1046—1048. DOI: 10.3348/kjr.2023.0839
11. Markotić V, Pojužina T, Radančević D, Miljko M, Pokrajčić V. The Radiologist Workload Increase; Where Is the Limit?: Mini Review and Case Study. *Psychiatr Danub.* 2021;33(Suppl 4):768—770.
12. Koshkarov A. A., Murashko R. A., Elishev V. G., Shevkunov L. N., Frolova I. G., Choinzonov E. L., et al. Features of distributed storage of medical images in the oncology service as part of creating a single digital contour. *Doctor and Information Technologies. [Vrach i informacionnye tekhnologii].* 2020;(51):15—27 (in Russian). DOI: 10.37690/1811-0193-2020-51-15-27
13. Vasiliev Yu. A., Kozikhina D. D., Vladzimirsky A. V., Shumskaya Yu. F., Mukhortova A. N., Blokhin I. A., et al. Results of the work of the reference center for radiation diagnostics using telemedicine technologies. *Healthcare of the Russian Federation. [Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii].* 2024;68(2):102—108 (in Russian). DOI: 10.47470/0044-197X-2024-68-2-102-108
14. Vasiliev Yu. A., Kudryavtsev N. D., Mukhortova A. N., Soldatov I. V., Vladzimirsky A. V. Performance indicators of radiation diagnostics departments of the Moscow Department of Health in 2016—2022. *Healthcare Manager. [Menedzher zdravoohraneniya].* 2024;(5):36—48 (in Russian). DOI: 10.21045/1811-0185-2024-5-3648
15. Morozov S. P., Ledikhova N. V., Panina E. V., Vladzimirsky A. V., Fomicheva E. P. Quality of work of radiology technicians in the context of remote interaction with a reference center for radiation diagnostics using telemedicine technologies. *National Healthcare. [Nacional'noe zdravoohranenie].* 2021;2(2):36—46 (in Russian). DOI: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.36—46
16. Morozov S. P., Vladzimirsky A. V., Vetslova N. N., Ledikhova N. V., Ryzhov S. A. Reference center for radiation diagnostics: justification and concept. *Healthcare Manager. [Menedzher zdravoohraneniya].* 2019;(8):25—34 (in Russian).
17. Graham Y, Hayes C, Mehrotra P, Spratt J, Siddle K, Cox J. Clinicians' perceptions of the quality of outsourced radiology and actions taken around perceived imaging errors in practice. *Eur Radiol.* 2019;29(4):1649—1654. DOI: 10.1007/s00330-018-5873-5
18. Morales Santos Б, Del Cura Rodnrguez JL, Antñez Larracaga N. Teleradiology: good practice guide. *Radiologia (Engl Ed).* 2023;65(2):133—148. DOI: 10.1016/j.rxeng.2022.11.005
19. Vendrell JF, Frandon J, Boussat B, Cotton F, Ferretti G, Sans N et al. Double Reading of Outsourced CT/MR Radiology Reports: Retrospective Analysis. *J Patient Saf.* 2021;17(8):e1267-e1271. DOI: 10.1097/PTS.0000000000000525
20. Breskina T. N., Safonov A. A. Labor productivity in healthcare. *Quality Management in Medicine. [Menedzhment kachestva v medicine].* 2020;(3):41—45 (in Russian).
21. Bukhalkov M. I. Organization and labor regulation. 4th ed., rev. and add. Moscow: INFRA-M; 2013 (in Russian).
22. Vodolazsky A. A. Labor productivity: problems and solutions. St. Petersburg: SUPER Publishing House; 2021 (in Russian).
23. Vorobiev S. P. Methodological aspects of analyzing labor productivity of medical workers. *Healthcare Manager. [Menedzher zdravoohraneniya].* 2014;(2):13—18 (in Russian).
24. Kadyrov F. N. Economic methods for evaluating the efficiency of medical institutions. Moscow: ID «Healthcare Manager»; 2011 (in Russian).
25. Komarov E. I., Strel'nikova N. N., Malofeev I. V. Managing the effectiveness of social institutions. Moscow: Dashkov i K°; 2014 (in Russian).
26. Marx K. Capital: a critique of political economy. Vol. 1. The process of capital production. Moscow: Eksmo; 2011 (in Russian).
27. Naydenova E. A., Mikhailova S. A., Kabakova T. I. Labor resources and labor performance indicators in a pharmacy organization. Pyatigorsk: RIA-KMV; 2022 (in Russian).
28. Popsuyko A. N., Batsina E. A., Morozova E. A., Artamonova G. V. Labor productivity in medical organizations as an object of scientific analysis. *Bulletin of the Russian Economic University named after G. V. Plekhanov. [Vestnik Rossijskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova].* 2021;18(2):77—89 (in Russian). DOI: 10.21686/2413-2829-2021-2-77-89
29. Cadena B. C., Smith A. C. Performance pay, productivity, and strategic opt-out: Evidence from a community health center. *Journal*

REFERENCES

1. Bataeva P. D., Bataev M. D., Bataev Kh. D., Dzhabrailova M. A. The role of radiation diagnostics in modern medicine. *Bulletin of the KNIRAN. Series: Natural and Technical Sciences. [Vestnik KNII RAN. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki].* 2023;(1):65—69 (in Russian).
2. Kozlova O. V., Trofimova T. N. Analysis of the activities of the service in the direction of «radiation and instrumental diagnostics» for 2021 in St. Petersburg. *Radiology and Therapy. [Luhevaya diagnostika i terapiya].* 2023;(1):89—97 (in Russian). DOI: 10.22328/2079-5343-2023-14-1-89-97
3. Shelekhov P. V., Omelyanovsky V. V. Analysis of the park of radiological equipment in the Russian Federation. *Medical Technologies. Evaluation and Choice. [Medicinskie tekhnologii].* 2023;(3):26—32 (in Russian). DOI: 10.17116/medtech20234503126
4. Shulkin I. M., Vladzimirsky A. V., Shul'ts E. I., Akhmetov R. N. Current problems of managing the radiation diagnostics service at the primary level of medical care. *Healthcare Manager. [Menedzher zdravoohraneniya].* 2023;(2):27—39 (in Russian). DOI: 10.21045/1811-0185-2023-2-27-39
5. leong CM, Kong SC. Radiology Workload and Staffing in Macao. *Korean J Radiol.* 2024;25(7):600—602. DOI: 10.3348/kjr.2024.029
6. Latyshova A. A., Ivanova M. A. Dynamics of staffing in public medical organizations of the Russian Federation from 2018 to 2022. *Social Aspects of Population Health. [Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya].* 2023;(6):1—18 (in Russian). DOI: 10.21045/2071-5021-2023-69-6-11
7. Shelekhov P. V. Staffing situation in radiation diagnostics. *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics. [Sovremennye problemy zdravoohraneniya i medicinskoj statistiki].* 2019;(1):265—275 (in Russian). DOI: 2312-2935-2019-10018
8. Shchepin V. O. On the issue of staffing radiation diagnostics departments. *Problems of Social Hygiene, Healthcare and History of Medicine. [Problemy social'noj gigieny, zdravoohraneniya i istorii mediciny].* 2014;22(5):42—45 (in Russian).
9. Alexander R, Waite S, Bruno MA, Krupinski EA, Berlin L, Macknik S et al. Mandating Limits on Workload, Duty, and Speed in Radiology. *Radiology.* 2022;304(2):274—282. DOI: 10.1148/radiol.212631
10. Kwee TC, Yakar D, Pennings JP, Kasalak U. Value-based radiology cannot thrive without reforms and research. *Eur Radiol.* 2022;32(7):4337—4339. DOI: 10.1007/s00330-022-08583-z

- of *Public Economics*. 2022;(206):104580. DOI: 10.1016/j.jpube-co.2021.104580
30. De Barros L. B., Bassi L. C., Caldas L. P., et al. Lean Healthcare Tools for Processes Evaluation: An Integrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7389. DOI: 10.3390/ijerph18147389
31. Yaghoubi M., Salimi M., Meskarpour-Amiri M. Systematic review of productivity loss among healthcare workers due to Covid-19. *Int J Health Plann Manage*. 2022;37(1):94—111. DOI: 10.1002/hpm.3351
32. Vasilev Yu. A., Tyrov I. A., Vladzimirsky A. V., Voloshin R. I., Golikova A. Yu., Shulkin I. M. Labor productivity in radiation diagnostics. M.: Publishing Solutions; 2025 (in Russian).
33. Bukhalkov M. I. Organization and labor regulation. 4th ed., rev. and add. Moscow: INFRA-M; 2013 (in Russian).
34. Shi J, Giess CS, Martin T, Lemaire KA, Curley PJ, Bay C et al. Radiology Workload Changes During the COVID-19 Pandemic: Implications for Staff Redeployment. *Acad Radiol*. 2021;28(1):1—7. DOI: 10.1016/j.acra.2020.09.008
35. Ayyala RS, Baird GL, Sze RW, Brown BP, Taylor GA. The growing issue of burnout in radiology — a survey-based evaluation of driving factors and potential impacts in pediatric radiologists. *Pediatr Radiol*. 2020;(50):1071—1077. DOI: 10.1007/s00247-020-04693-2
36. Golubev N. A., Ogryzko E. V., Tyurina E. M., Shelepova E. A., Shelekhov P. V. Features of the development of the radiation diagnostics service in the Russian Federation from 2014 to 2019. *Modern Problems of Healthcare and Medical Statistics. [Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki]*. 2021;(2):356—376 (in Russian). DOI: 10.24412/2312-2935-2021-2-356-376
37. Afshari Mirak S, Tirumani SH, Ramaiya N, Mohamed I. The Growing Nationwide Radiologist Shortage: Current Opportunities and Ongoing Challenges for International Medical Graduate Radiologists. *Radiology*. 2025;314(3):e232625. DOI: 10.1148/radiol.232625
38. Meng F, Zhan L, Liu S, Zhang H. The Growing Problem of Radiologist Shortage: China's Perspective. *Korean J Radiol*. 2023;24(11):1046—1048. DOI: 10.3348/kjr.2023.0839

Вклад авторов: Ю. А. Васильев — создание методологии, концепции и дизайна исследования, Р. И. Волошин — обзор литературы, написание текста статьи, А. В. Владимирский — статистический анализ, редактирование текста статьи, З. Р. Артюкова — редактирование текста статьи, Р. А. Ерижков — редактирование текста статьи.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИР «Научно-методические основы цифровой трансформации службы лучевой диагностики», (№ ЕГИСУ: № 123031400118—0) в соответствии с Приказом от 22.12.2023 г. № 1258 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

Contribution of the authors: Yu. A. Vasilev — creation of methodology, concept and design of research, R. I. Voloshin — literature review, writing the text of the article, A. V. Vladzimirsky — editing the text of the article, statistical analysis, Z. R. Artyukova — editing the text of the article, R. A. Erizhokov — editing the text of the article.

Financing. This paper was prepared by a team of authors as a part of the research project «Scientific and methodological foundations of the digital transformation in radiology», (EGISU No. 123031400118—0) in accordance with Order No. 1258 dated December 22, 2023: «On approval of state assignments funded from the Moscow city budget to state budgetary (autonomous) institutions subordinated to the Moscow Healthcare Department for 2024 and the planning period of 2025 and 2026.»

Conflicts of interests: The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 10.04.2025; одобрена после рецензирования 12.08.2025; принята к публикации 15.09.2025.

The article was submitted 10.04.2025; approved after reviewing 12.08.2025; accepted for publication 15.09.2025.