

ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ ECONOMICS AND MANAGEMENT IN PUBLIC HEALTH SERVICE

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДВУХКОМПОНЕНТНАЯ МОДЕЛЬ КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКОГО СКРИНИНГА ТУБЕРКУЛЕЗА ЛЕГКИХ В УСЛОВИЯХ МАЛОНАСЕЛЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Прокопьев Е.С.^{1,2,3},
Яковлева Л.П.¹,
Зорина С.П.¹,
Никифорова Н.А.¹,
Паролина Л.Е.³,
Винокурова М.К.^{1,2}

¹ ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева» (677015, г. Якутск, ул. Петра Алексеева, 93, Россия)

² Медицинский институт ФГАОУ ВО «Северо-восточный Федеральный Университет им. М.К. Аммосова» (677000, г. Якутск, ул. Ойунского, 27, Россия)

³ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России (127473 г. Москва, ул. Достоевского, д. 4, корпус 1, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Зорина Светлана Павловна
e-mail: zorinas@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Обоснование. Сложности организации выявления туберкулеза в малонаселенных территориях связаны в первую очередь с низким уровнем транспортной доступности и дефицитом медицинских кадров. В этих условиях является актуальным внедрение современных информационных технологий (ИТ) в процессы клинико-рентгенологического скрининга заболевания.

Цель исследования. Оптимизация методов выявления и диагностики туберкулеза легких с использованием ИТ в условиях малонаселенной территории Республики Саха (Якутия).

Методы. В 7 пилотных медицинских организациях Республики Саха (Якутия) проведена апробация Организационной двухкомпонентной модели клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза с применением ИТ: центрального архива медицинских изображений и телемедицины для дистанционной постановки диагноза, а также искусственного интеллекта для двойного чтения флюорограмм. Оценка эффективности проводилась путем ежемесячного контроля охвата населения флюорографическим осмотром, учета временных затрат на двойное чтение флюорограмм и сроков установления диагноза туберкулеза.

Результаты. Апробация в пилотных медицинских организациях Организационной двухкомпонентной модели клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза с применением ИТ и искусственного интеллекта привело к повышению охвата населения и лиц из групп риска по туберкулезу флюорографическими осмотрами, а также к сокращению временных затрат на двойное чтение флюорограмм и сроков диагностики туберкулеза на уровне общей лечебной сети и противотуберкулезной службы. С учетом наличия особенностей в организации выявления туберкулеза в различных социально-территориальных зонах региона Крайнего Севера разработана модель клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких, состоящая из двух организационных вариантов для использования в условиях Арктической и Промышленной зон. Модель состоит из трех этапов: рентгенологического, клинического и специализированного, осуществляемых на уровне подразделений центральной районной больницы.

Заключение. Предложенная модель скринингового обследования на туберкулез с использованием ИТ рекомендована для применения в малонаселенных районах Крайнего Севера.

Ключевые слова: туберкулез легких, скрининг, выявление, диагностика, информационные технологии, телемедицина, искусственный интеллект

Статья поступила: 23.09.2025
Статья принята: 24.06.2026
Статья опубликована: 23.07.2026

Для цитирования: Прокопьев Е.С., Яковлева Л.П., Зорина С.П., Никифорова Н.А., Паролина Л.Е., Винокурова М.К. Организационная двухкомпонентная модель клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких в условиях малонаселенной территории Республики Саха (Якутия). *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(3): 201-211. doi: 10.29413/ABS.2026-11.3.24

TWO-COMPONENT ORGANIZATIONAL MODEL FOR CLINICAL AND RADIOLOGICAL SCREENING FOR PULMONARY TUBERCULOSIS IN A SPARSELY POPULATED TERRITORY OF THE SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA)

**Prokopev E.S.^{1,2,3},
Yakovleva L.P.¹,
Zorina S.P.¹,
Nikiforova N.A.¹,
Parolina L.E.³,
Vinokurova M.K.^{1,2}**

¹ E.N. Andreev Phthysiology Research-Practice Center (Petr Alekseev str., 93, Yakutsk 677005, Russian Federation)

² Institute of Medicine at M.K. Amosov North-Eastern Federal University (Oyunkogo str., 27, Yakutsk 677000, Russian Federation)

³ National Medical Research Center of Phthysiopulmonology and Infectious Diseases, Ministry of Health of the Russian Federation (Dostoevsky str., 4, building 1, Moscow 127473, Russian Federation)

Corresponding author:
Svetlana P. Zorina
e-mail: zorinasp@mail.ru

ABSTRACT

Background. The challenges of organizing tuberculosis detection in sparsely populated areas are primarily associated with poor transportation access and a shortage of medical personnel. Under these conditions, the implementation of modern information technologies in clinical and radiological screening for the disease becomes highly relevant.

Aim. To optimize methods for the detection and diagnosis of pulmonary tuberculosis using information technologies in the sparsely populated territory of the Republic of Sakha (Yakutia).

Methods. A pilot study was conducted in seven medical organizations of the Republic of Sakha (Yakutia) to test a two-component organizational model for clinical and radiological tuberculosis screening utilizing information technologies: a central medical image archive and telemedicine for remote diagnosis, as well as artificial intelligence for double reading of fluorograms. Effectiveness was assessed by monthly monitoring of population coverage with fluorographic examinations, measuring the time spent on double reading of fluorograms, and assessing the time to tuberculosis diagnosis.

Results. The pilot implementation of the two-component organizational model for clinical and radiological tuberculosis screening, employing information technologies and artificial intelligence in medical organizations, led to increased fluorographic examination coverage of the general population and individuals at risk for tuberculosis. This implementation also reduced the time required for double reading of fluorograms and shortened tuberculosis diagnostic timelines, both in the general medical network and at the specialized tuberculosis service level. Considering the specific characteristics of tuberculosis detection organization across different socio-territorial zones of the Far North, a model for clinical and radiological screening of pulmonary tuberculosis was developed. This model comprises two organizational variants tailored for use in the Arctic and industrial zones. The model consists of three stages (radiological, clinical, and specialized) implemented at the level of the central district hospital departments.

Conclusion. The proposed model for tuberculosis screening using information technologies is recommended for implementation in sparsely populated districts of the Far North.

Keywords: pulmonary tuberculosis, mass screening, diagnosis, information technology, telemedicine, artificial intelligence

Received: 23.09.2025
Accepted: 24.06.2026
Published: 23.07.2026

For citation: Prokopev E.S., Yakovleva L.P., Zorina S.P., Nikiforova N.A., Parolina L.E., Vinokurova M.K. Two-component organizational model for clinical and radiological screening for pulmonary tuberculosis in a sparsely populated territory of the Sakha Republic (Yakutia). *Acta biomedica scientifica*. 2026; 11(3): 201-211. doi: 10.29413/ABS.2026-11.3.24

ОБОСНОВАНИЕ

Организация раннего выявления больных туберкулезом среди населения является одним из важных разделов противотуберкулезной работы, так как несвоевременное и позднее выявление заболевания негативно влияет на напряженность эпидемической обстановки [1, 2]. Это обусловлено тем, что при позднем выявлении туберкулеза легких длительное массивное бактериовыделение создает значительную эпидемическую опасность для окружающих, а сформировавшиеся морфологические изменения часто имеют малообратимый или необратимый характер, что приводит к низкой эффективности лечения пациентов [3].

Согласно действующим нормативно-правовым документам, скрининговым методом массового рентгенологического обследования с целью раннего выявления туберкулеза легких среди взрослого населения в Российской Федерации является флюорография (ФЛГ). При подозрении на туберкулез легких после проведения ФЛГ-скрининга в медицинской организации, оказывающей первичную медико-санитарную помощь населению (МО ПМСП), проводится обследование, включающее сбор анамнеза, физикальное обследование, общий анализ крови, 3-кратную микроскопию биоматериала (мокроты) на кислотоустойчивые микобактерии (КУМ), рентгенологическое исследование органов грудной клетки. Далее пациент направляется в противотуберкулезное учреждение, где проводятся дополнительные методы обследования: 2-кратная микроскопия мокроты на КУМ, культуральные и молекулярно-генетические исследования для этиологической диагностики и проведения теста на лекарственную чувствительность (ТЛЧ) возбудителя, иммунодиагностика.

Диагноз «туберкулез» подтверждается врачебной комиссией медицинской противотуберкулезной организации (противотуберкулезного диспансера, туберкулезной больницы, Центра или Клиники), принимающей решение в отношении пациента о госпитализации, лечении и диспансерном наблюдении. Противотуберкулезные диспансеры (отделения, кабинеты) направляют на рассмотрение врачебной комиссии медицинскую документацию и результаты рентгенологических исследований. В сложных диагностических случаях проводится очная консультация пациента.

Как известно, характерными проблемами оказания медицинской помощи для регионов Арктической зоны и Крайнего Севера, которые относятся к малонаселенным территориям, являются в первую очередь низкий уровень транспортной доступности и дефицит медицинских кадров [4, 5, 6]. В рамках данного исследования выполнен анализ стандартного алгоритма выявления и диагностики туберкулеза среди населения Республики Саха (Якутия) за 2017–2019 гг. и выявлены проблемы, отрицательно влияющие на эффективность и своевременность выявления и диагностики туберкулеза:

- обеспеченность медицинским персоналом, в том числе врачами-рентгенологами: в 7 (53,8 %)

из 13 Арктических районов республики отсутствуют врачи-рентгенологи, а в 5 (14,7 %) из 34 районов республики их число ниже требуемых значений;

- недостаточная обеспеченность врачами-рентгенологами в районах республики создает трудности для организации обязательного повторного чтения флюорограмм при скрининговом обследовании, что приводит к пропускам патологии в легких;

- слабо развитая транспортная схема, особенно в Арктических районах с сезонной доступностью отдаленных населенных пунктов, обуславливает затянутые сроки доставки диагностического материала для культуральных и МГМ исследований и медицинской документации пациента в головное противотуберкулезное учреждение республики, что увеличивает сроки постановки диагноза до месяца и более.

Изучению вопросов оптимизации выявления и диагностики туберкулеза легких, в том числе с применением современных информационных технологий (ИТ), посвящено много научных исследований, выполненных в различных регионах РФ. Однако исследований, посвященных данной проблеме и выполненных в условиях малонаселенной территории Крайнего Севера, в доступной литературе не найдено. При этом наибольшее число работ освещает вопросы применения компьютерных программ учета и мониторинга очагов туберкулеза [7, 8] и интеллектуальных систем распознавания патологии легких на основании медицинских изображений [9, 10, 11]. Не исследованы результаты комплексного применения ИТ, включающих телемедицину и искусственный интеллект, в совершенствовании выявления и диагностики туберкулеза. Недостаточно изученными остаются вопросы, связанные с определением патологии при проведении скринингового флюорографического обследования как с клинической, так и с организационной точки зрения.

Вышеизложенное подтвердило актуальность разработки мер, связанных с внедрением в практику современных информационно-цифровых технологий для совершенствования методов выявления и диагностики туберкулеза в регионе Крайнего Севера с низкой плотностью населения.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оптимизация методов выявления и диагностики туберкулеза легких с использованием ИТ в условиях малонаселенной территории Республики Саха (Якутия).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для настоящей работы использована схема зонирования Республики Саха (Якутия) на 5 социально-территориальных зон методом М.А. Тырылгина [12], модифицированная в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 02.05.2014 N 296

«О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации»:

I. Город Якутск – столица Республики Саха (Якутия).

II. Арктическая зона, представленная 13 заполярными и приполярными районами, имеющими обширную территорию и равную 45 % площади республики. Наименьшая плотность населения в регионе составляет 0,04 чел./км². Это в 8 раз меньше, чем в среднем по республике (0,32 чел./км²). Доля малочисленных народов Севера составляет 24 % населения, что значительно выше, чем в других зонах. Основное направление деятельности – оленеводство, охотничий и рыбный промысел.

III. Промышленная зона, включающая 5 районов с развитой горнодобывающей промышленностью (алмазной, угольной, нефтяной, газовой). В данной зоне доля городского населения составляет 92,6 %, пришлого 92,4 %.

IV. Сельская (сельскохозяйственная) зона, состоящая из 11 районов Центральной Якутии со стойловым животноводством и табунным коневодством, а также с рискованным земледелием. Здесь доля сельского населения составляет 87,7 %, аборигенного 94,8 %.

V. Смешанная зона, включающая 5 разрозненных расположенных районов, имеющая по отдельным районам стойловое животноводство, табунное коневодство, оленеводство, рискованное земледелие и небольшую долю горнодобывающей промышленности. В смешанной зоне доля городского населения – 49,4 %, сельского – 50,6 %, аборигенного 53,7 %.

В перечень субъектов и отдельных районов РФ, относящихся к территориям с низкой плотностью населения, входят все районы РС(Я), кроме 5 районов Сельской (сельскохозяйственной) зоны. К коренным (аборигенным) народам относились якуты (саха) и малочисленные народности Севера (эвены, эвенки, юкагиры, чукчи, долганы). Все прочие группы населения считались пришлыми [13].

Начиная с 2020 г., в НПЦ «Фтизиатрия» начата разработка алгоритма выявления и диагностики туберкулеза среди взрослого населения с использованием информационных технологий (ИТ). Введен ежемесячный контроль охвата населения ФЛГ-осмотром, организовано проведение телемедицинских консультаций (ТМК) районных врачей ПМСП и врачей-фтизиатров противотуберкулезных диспансерных отделений (ПТДО) центральных районных больниц (ЦРБ) и г. Якутска через приложение «Облачная поликлиника» для уточнения диагноза и постановки на диспансерный учет. Запущенный в 2020 году в Республике Саха (Якутия) телемедицинский сервис «Облачная поликлиника» предназначен для дистанционного взаимодействия пациентов со специалистами и проведения консультаций между врачами.

Для определения эффективности внедрения информационных технологий в противотуберкулезной службе были рассмотрены 2 периода внедрения ИТ:

1-й (2014–2016 гг.) – традиционные методы (до внедрения ИТ); 2-й (2020–2023 гг.) – широкое внедрение («Облачная поликлиника», АПК АрхиМед, ТМК, Программное обеспечение (ПО) «Predict»).

С 2022 г. проводилась работа совместно с факультетом вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по обработке базы данных ФЛГ архива прототипом интерактивного средства разметки рентгеновских изображений для обучения диагностических глубоких нейронных сетей. Выполнялось сравнение эффективности первичного и повторного чтений цифровых флюорограмм с системой поддержки принятия решений в рентгенологической скрининг-диагностике туберкулеза легких методом экспертных оценок с вычислением точности, чувствительности и специфичности [14]. В результате разработана модель нейросетевой диагностики туберкулеза – программное обеспечение (ПО) «Predict», которое также включено в алгоритм.

В 2022 г. приказом Министерства здравоохранения РС(Я) утвержден пилотный проект по внедрению и апробации новых информационных технологий с целью повышения эффективности выявления и диагностики туберкулеза среди населения республики.

Для внедрения алгоритма выбраны 7 пилотных МО из каждой социально-территориальной зоны:

- г. Якутск – ГБУ РС(Я) «Якутская городская больница № 2», ГАУ РС(Я) «Якутская городская больница № 3»;
- Арктическая зона – ГБУ РС(Я) «Булунская центральная районная больница»;
- Промышленная зона – ГБУ РС(Я) «Алданская центральная районная больница»;
- Сельская (сельскохозяйственная) зона – ГБУ РС(Я) «Верхневилуйская центральная районная больница»; ГБУ РС(Я) «Мегино-Кангаласская центральная районная больница»;
- Смешанная зона – ГБУ РС(Я) «Хангаласская центральная районная больница».

Как представлено на рисунке 1, в пилотных МО на первом, рентгенологическом этапе алгоритма выявления и диагностики туберкулеза легких при ФЛГ-скрининге взрослого населения врачом-рентгенологом ФЛГ-кабинета выполняется загрузка цифровых флюорограмм в ЦАМИ АПК АрхиМед. Для первого чтения флюорограмм применяется ПО «Predict» с определением снимков для первоочередного чтения врачом-рентгенологом с выделением рентгенологических синдромов как системы поддержки принятия врачебных решений. Далее выполняется второе чтение врачом-рентгенологом. Список «ФЛГ положительных» (с выявленными на ФЛГ патологическими изменениями со стороны органов грудной клетки) через уполномоченное должностное лицо МО передается участковым терапевтам с обратной связью – результаты дообследования поступают в ФЛГ-кабинет, где ведется электронный журнал дообследования «ФЛГ положительных».

Алгоритм выявления и диагностики туберкулеза органов дыхания при ФЛГ-обследовании взрослого населения

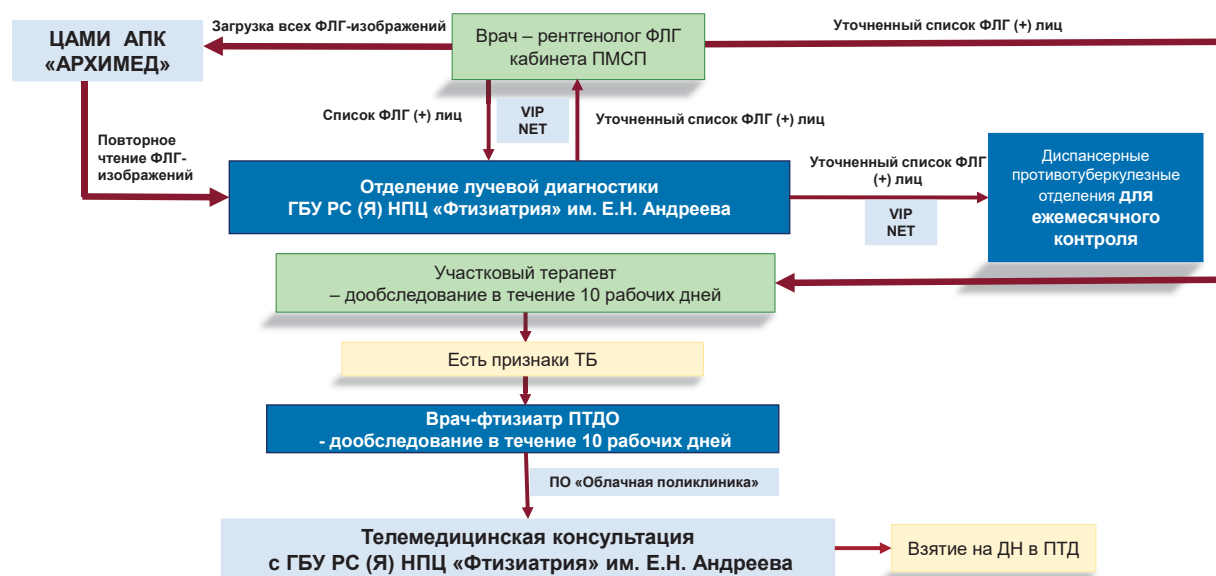


РИС. 1.

Алгоритм выявления и диагностики туберкулеза легких при флюорографическом скрининге взрослого населения в пилотных медицинских организациях

FIG. 1.

Algorithm for the detection and diagnosis of pulmonary tuberculosis during mass X-ray screening of the adult population in pilot healthcare facilities

На втором, клиническом этапе, участковым терапевтом МО проводится дообследование «ФЛГ положительных». При выявлении симптомов, указывающих на туберкулез, пациент направляется к врачу-фтизиатру ПТДО ЦРБ или г. Якутска.

На третьем, специализированном этапе, врач-фтизиатр после дообследования пациента проводит ТМК с НПЦ «Фтизиатрия» по «Облачной поликлинике» для подтверждения диагноза туберкулеза и постановки пациента на диспансерное наблюдение. Результаты дообследования передаются врачу-участковому терапевту.

Оценка эффективности внедрения алгоритма проводилась путем ежемесячного контроля охвата населения флюорографическим осмотром, доли дообследованных «ФЛГ-положительных» лиц, охвата профилактическими осмотрами групп риска по туберкулезу, а также с учетом сроков установления диагноза туберкулеза с момента обращения пациента в МО ПМСП и со дня обращения к врачу-фтизиатру.

Для статистического анализа данных применялись методы описательной статистики, включая расчет средних значений (M), стандартных ошибок (m) и долей (%), что позволило оценить охват профилактическими осмотрами, сроки диагностики и другие показатели. Для сравнения эффективности алгоритма до и после внедрения информационных технологий использовался t -критерий Стьюдента, подтвердивший статистическую значимость различий ($p < 0,05$). Диагностическая точность методики оценивалась через расчет чувствительности, специфичности и общей точности, а также

методом экспертных оценок при валидации результатов первичного и повторного чтения флюорограмм.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки эффективности алгоритма выявления и диагностики туберкулеза среди взрослого населения с использованием информационных технологий в НПЦ «Фтизиатрия» проводился ежемесячный контроль охвата ФЛГ осмотрами прикрепленного населения, сроков и процента дообследования «ФЛГ положительных» лиц, а также ежемесячный контроль охвата профилактическими обследованиями на туберкулез групп риска по заболеванию туберкулезом в пилотных организациях в сравнении с другими МО ОЛС.

В МО, не вошедших в пилотный проект, охват профилактическими осмотрами на туберкулез методом ФЛГ в период 2017–2019 гг. составлял 85,0–87,9 % и в среднем был на 2,0 % выше, чем в пилотных. С началом проекта в пилотных организациях показатель увеличился и за период с 2020 по 2023 гг. составил 82,6–88,7 %, что превышает аналогичный показатель в остальных МО в среднем на 3,2 %.

Изучение показателя охвата профилактическим обследованием групп риска по заболеванию туберкулезом среди прикрепленного населения в пилотных и непилотных МО в 2022–2023 гг. показало, что охват медицинских и социальных групп риска был выше в пилотных МО. В 2022 г. охват профосмотром медицинских групп риска в пилотных ЦРБ составил 92,3 %,

в 2023 г. – 95,2 %, достигнув индикаторного значения (95 %). В остальных ЦРБ данный показатель составил 88,0 и 88,3 % соответственно. В пилотных МО г. Якутска в 2023 г. охват профилактическим обследованием снизился с 99,8 до 95,9 %, но не упал ниже индикаторного значения. В МО, не вошедших в пилотный проект, указанный показатель ниже требуемого значения – 90,8 % в 2022 г. и 84,0 % в 2023 г.

Охват профилактическим обследованием социальных групп риска в пилотных ЦРБ повысился с 80,9 % в 2022 г. до 86,9 % в 2023 г., но не достиг индикаторного значения. В непилотных ЦРБ исследуемый показатель недостаточный, хотя повысился с 79,9 до 84,3 %. В пилотных МО г. Якутска обследование социальных групп риска в исследуемый период составило 96,6–100 %, в МО, не вошедших в проект, – 90,6–97,6 %.

При анализе доли недообследованных «ФЛГ положительных» лиц среди пилотных и непилотных МО за 2022 и 2023 гг. выявлено, что в организациях, которые в настоящее время не включены в проект, доля недообследованных с изменениями на ФЛГ уменьшилась как в ЦРБ (1,4–1,6 % против 2,1–2,2 %), так и в МО г. Якутска (3,1–6,8 % против 12,8–14,6 %).

Внедрение информационных технологий в пилотных МО позволило минимизировать пропуски патологии при ФЛГ скрининге населения на туберкулез и сократить сроки диагностики и постановки пациента на диспансерное наблюдение. Как представлено в таблице 1, при внедрении ИТ в пилотных ЦРБ средние сроки с момента обращения пациента в учреждения ПМСП до направления к врачу-фтизиатру сократились на 22,7 дня, с момента обращения пациента в ПТДО ЦРБ до постановки диагноза туберкулеза – на 32,9 дня, разница статистически значима ($p = 0,001292$; $p = 0,001925$ соответственно).

Таким образом, апробация в пилотных МО разработанного алгоритма клиничко-рентгенологического скрининга туберкулеза с применением ИТ привело к положительным изменениям в выявлении туберкулеза легких путем организации повторного чтения ФЛГ-изображений в ЦАМИ врачами-рентгенологами головного учреждения, ежемесячном контроле охвата населения ФЛГ-осмотром, групп медицинского

и социального риска профилактическими осмотрами и дообследования ФЛГ положительных лиц, а также значительному сокращению сроков диагностики туберкулеза путем передачи медицинской документации пациента по «Облачной поликлинике» и проведению ТМК для подтверждения диагноза.

Для апробации ПО “Predict” в 2023–2024 гг. было организовано и проведено двойное чтение цифровых флюорограмм с использованием искусственного интеллекта (ИИ) в МО ПМСП. ИИ осуществлял первое чтение всех ФЛГ-снимков, а врач-рентгенолог МО ПМСП выполняет второе чтение этих же изображений с учетом результатов ИИ. В рамках апробации врачи-рентгенологи НПЦ «Фтизиатрия» выполняли контроль заключений первого и второго чтений 16427 ФЛГ-снимков, которые были включены в исследование. По результатам двойного чтения (ИИ + врач-рентгенолог) заподозрено 468 случаев патологии, из которых клиничко-лабораторное обследование подтвердило туберкулез легких у 135 пациентов. Диагноз у всех пациентов был верифицирован комплексным обследованием, включавшим сбор анамнеза, анализ клинических и лабораторных данных, рентгенографию и рентгеновскую компьютерную томографию органов грудной клетки.

В текущей версии ПО “Predict” определяет процентную вероятность наличия изменений в легких. Наибольшая доля совпадения заключений врача и ИИ наблюдалась в диапазоне вероятности патологии от 0 % до 25 % (93,3–99,7 %). В диапазоне 26–60 % доля совпадений составила 61,9–82,4 %. При вероятности патологии по ИИ свыше 61 % врачи-рентгенологи чаще всего выявляли изменения в легких, представленные фиброзными, воспалительными, постоперационными изменениями, последствиями травм, а также врожденной патологией легочной, сердечно-сосудистой и костно-суставной систем.

ROC-анализ эффективности ИИ на первичном этапе ФЛГ-скрининга выявил высокие показатели: чувствительность определения вероятности патологии составила 82 %, специфичность – 81 %.

После апробации алгоритма выявления и диагностики туберкулеза легких пилотных МО, в 2024 году разработана Организационная двухкомпонентная

ТАБЛИЦА 1

СРОКИ ПОСТАНОВКИ ДИАГНОЗА ТУБЕРКУЛЕЗА В ПИЛОТНЫХ ЦРБ ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ ИТ

TABLE 1

TIMEFRAME FOR TUBERCULOSIS DIAGNOSIS IN PILOT CENTRAL DISTRICT HOSPITALS BEFORE AND AFTER IMPLEMENTATION OF IT-SOLUTIONS

Группы наблюдения	Срок с момента обращения в ОЛС до направления в ПТДО ЦРБ (дни, M+m)	Срок с момента обращения в ПТДО ЦРБ до постановки диагноза (дни, M+m)
Пилотные ЦРБ до внедрения ИТ 2014–2016 гг. (n=55)	31,3±6,1	45,7±5,0
Пилотные ЦРБ после внедрения ИТ 2020–2023 гг. (n=31)	8,6±2,9	12,8±3,9
t-критерий Стьюдента	3,33	3,2
p	0,001292	0,001925

модель клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких на основе комплексного применения информационно-цифровых технологий для совершенствования выявления и диагностики туберкулеза легких в условиях малонаселенной территории (далее – Модель), которая состоит из двух Алгоритмов для использования в условиях Арктических и Промышленных зон Крайнего Севера. Организационная двухкомпонентная Модель составлена с учетом имеющихся различий в организации выявления туберкулеза в социально-территориальных зонах региона с преимущественно выездной формой оказания медицинской помощи, в т. ч. ФЛГ-осмотров населения в районах Арктической зоны.

Разработанные Алгоритмы Модели включают три этапа: рентгенологический этап на уровне рентгенологического отделения ЦРБ (далее – первый этап); клинический этап на уровне амбулаторного отделения ЦРБ (далее – второй этап); и специализированный этап, на уровне врача-фтизиатра ПТДО ЦРБ (далее – третий этап). На схеме Алгоритмов Модели звездочками с цифрой внутри указаны новые организационные формы в работе ЦРБ по выявлению туберкулеза при ФЛГ-скрининге населения.

Алгоритм для Арктической зоны (рис. 2) имеет ряд отличий в связи с особенностями инфраструктуры. На первом этапе скрининговое ФЛГ-обследование всего населения проводится выездной ФЛГ-бригадой,

которая предоставляет в ФЛГ кабинет ЦРБ выполненные ФЛГ-снимки на цифровом носителе. Врач-рентгенолог загружает базу ФЛГ-снимков в ЦАМИ АПК «АРХИМЕД» и одновременно в ПО «Predict» для первого чтения. После получения результатов чтения флюорограмм ПО «Predict», врач-рентгенолог выполняет второе чтение в первую очередь тех снимков, которые были определены с вероятностью патологии 1 % и более. После второго чтения всех флюорограмм, врач-рентгенолог формирует список «ФЛГ положительных» лиц и передает его на второй этап Модели – заведующему поликлиникой ЦРБ.

На втором этапе Алгоритма заведующий поликлиникой ЦРБ передает списки «ФЛГ положительных» лиц мобильной бригаде врачей, которая целенаправленно выезжает в населенные пункты для обследования пациентов с выявленной патологией при ФЛГ-скрининге, заполняет первый блок вкладыша в амбулаторной карте «Клинико-рентгенологическое обследование ФЛГ(+) пациента» (далее – вкладыш) и выдает направление на обследование. Вкладыш с заполненным первым блоком врач мобильной бригады передает заведующему поликлиникой, далее этот вкладыш передается участковому терапевту. Участковый терапевт вызывает и дообследует «ФЛГ положительного» пациента в течение 10 рабочих дней и заполняет второй блок вкладыша. При выявлении признаков туберкулеза пациент направляется на третий этап в ПТДО ЦРБ.

Алгоритм клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких на основе комплексного применения информационно-цифровых технологий для совершенствования выявления и диагностики туберкулеза легких в условиях Арктической зоны Крайнего Севера.

★ Источник Изменений

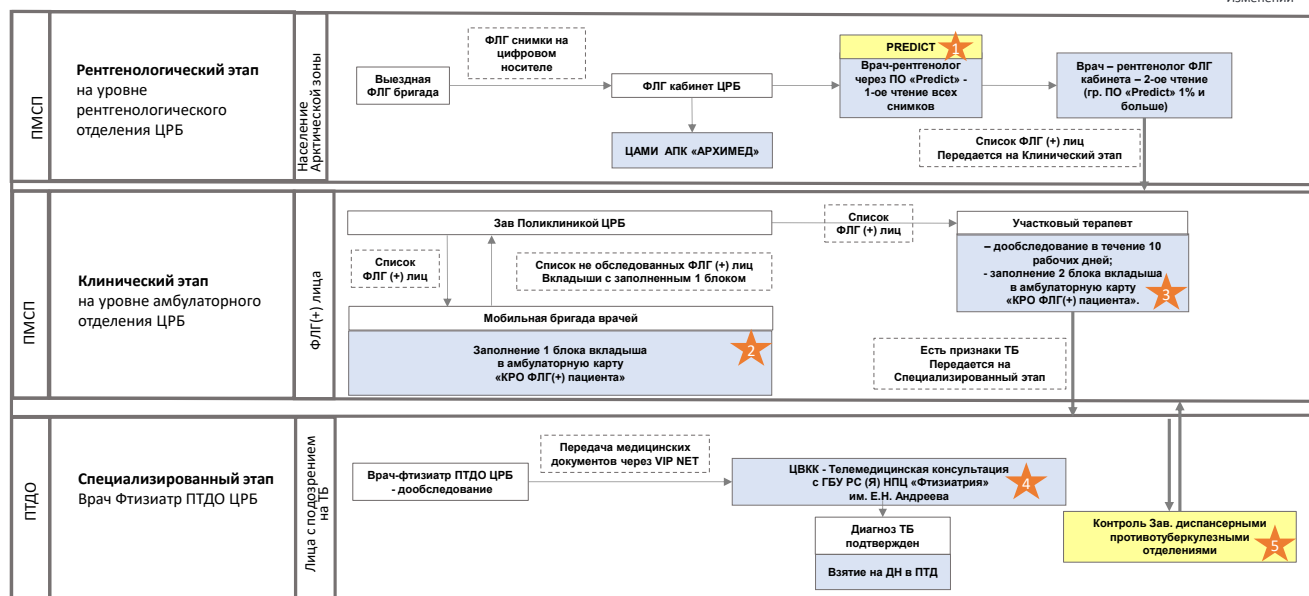


РИС. 2.

Алгоритм клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких на основе комплексного применения информационно-цифровых технологий для совершенствования выявления и диагностики туберкулеза легких в условиях Арктической зоны Крайнего Севера

FIG. 2.

Algorithm for clinical and radiological screening of pulmonary tuberculosis based on the integrated use of information technology to improve detection and diagnosis in the Arctic zone of the Far North

На данном этапе вводится новая учетная форма – вкладыш в амбулаторной карте «Клинико-рентгенологическое обследование ФЛГ(+) пациента», разбитый на 2 блока: для врача мобильной бригады и для участкового врача-терапевта. Вкладыш для мобильной бригады включает в себя сигнальную информацию по пациенту: паспортные данные, краткий анамнез и дату последнего исследования со слов пациента. Вкладыш для врача-терапевта включает информацию о результатах дообследования и заключительный диагноз.

На третьем этапе лица с подозрением на туберкулез поступают на дообследование в ПТДО ЦРБ. Врач-фтизиатр ПТДО направляет в НПЦ «Фтизиатрия» все результаты обследования пациента через защищенную сеть ViPNet для рассмотрения на ЦВКК с применением телемедицинских технологий. При подтверждении диагноза «туберкулез» ЦВКК берет пациента на диспансерный учет. Контроль за маршрутизацией и выполнением пунктов третьего этапа возлагается на заведующего ПТДО ЦРБ.

Промышленная зона отличается более стабильной интернет-связью и лучшей транспортной доступностью, поэтому Алгоритм для данной зоны не включает работу мобильных бригад (рис. 3). На первом этапе скрининговое ФЛГ-обследование всего населения проводится в ФЛГ кабинетах ЦРБ. Врач рентгенолог загружает базу ФЛГ-снимков в ЦАМИ АПК «АРХИМЕД»

и одновременно в ПО «Predict» для первого чтения. После получения результатов чтения флюорограмм посредством ПО «Predict», врач-рентгенолог выполняет второе чтение в первую очередь тех снимков, которые были определены с вероятностью патологии 1 % и более. После второго чтения всех ФЛГ-снимков, врач-рентгенолог формирует список флюороположительных лиц и передает его на второй этап Модели – заместителю по АПП/Заведующему поликлиникой ЦРБ.

На втором этапе Алгоритма для Промышленной зоны заведующий поликлиникой ЦРБ передает списки флюороположительных лиц участковым терапевтам, которые выполняют дообследование пациента в течение 10 рабочих дней и заполняют вкладыш в амбулаторную карту «Клинико-рентгенологическое обследование ФЛГ(+) пациента». При выявлении признаков туберкулеза, пациент направляется на третий этап в ПТДО ЦРБ на дообследование.

На третьем этапе врач-фтизиатр направляет в НПЦ «Фтизиатрия» все результаты обследования пациента через защищенную сеть ViPNet для рассмотрения на ЦВКК с применением телемедицинских технологий. При подтверждении диагноза «туберкулез» ЦВКК берет пациента на диспансерный учет. Контроль за маршрутизацией и выполнением пунктов третьего этапа возлагается на заведующего ПТДО ЦРБ.

Алгоритм клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких на основе комплексного применения информационно-цифровых технологий для совершенствования выявления и диагностики туберкулеза легких в условиях Промышленной зоны Крайнего Севера.

★ Источник Изменений

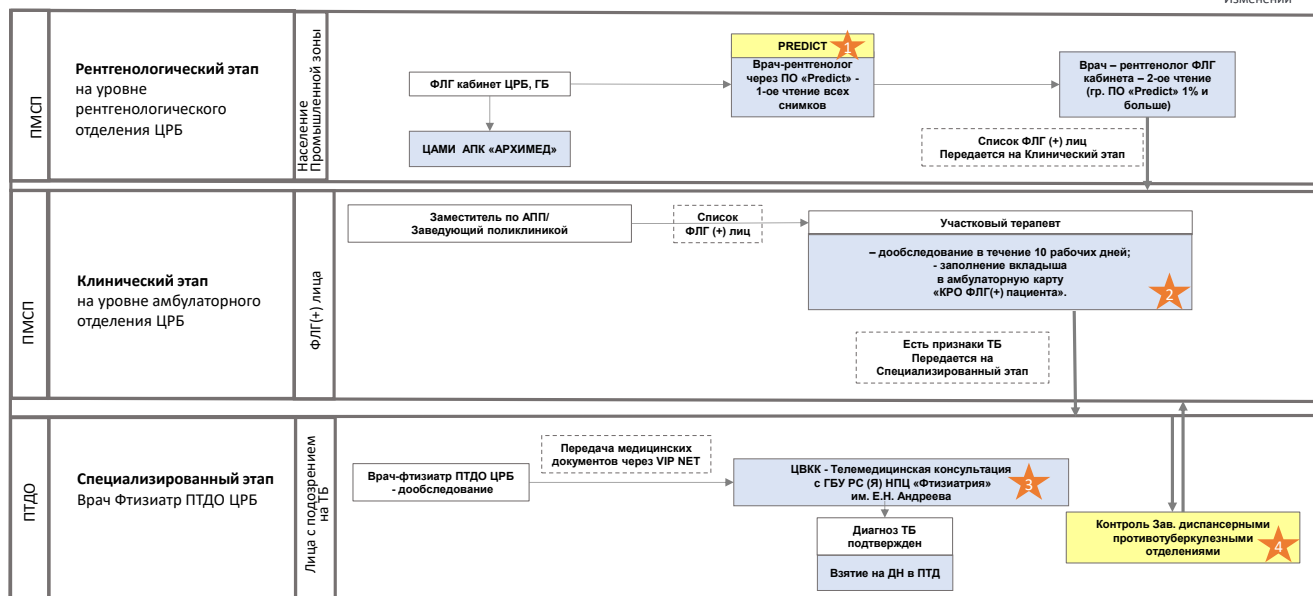


РИС. 3.

Алгоритм клинико-рентгенологического скрининга туберкулеза легких на основе комплексного применения информационно-цифровых технологий для совершенствования выявления и диагностики туберкулеза легких в условиях Промышленной зоны Крайнего Севера

FIG. 3.

Algorithm for clinical and radiological screening of pulmonary tuberculosis based on the integrated use of information technology to improve detection and diagnosis in the Industrial zone of the Far North

На данный момент ПО "Predict" продолжает апробацию и настройку параметров искусственного интеллекта для повышения чувствительности и специфичности.

Рентгенологические изображения при массовых скрининговых обследованиях обязательно просматриваются двумя врачами рентгенологами, для снижения риска пропуска патологии. Первое чтение рентгенологического изображения выполняется сразу после исследования и на это тратится 5–7 минут на один снимок. Повторное чтение выполняется другим врачом или через 24 часа этим же врачом рентгенологом. Такая система позволяет повышать эффективность выявления патологических изменений до 99 %, но занимает много времени. Применение ИИ позволяет исключить этап первого чтения рентгенологического изображения врачом и сокращает время до 1–2 секунд на чтение одного изображения и повысить эффективность до 99,6 %. Врач-рентгенолог выполняет только второе чтение рентгеновских изображений и с учетом результатов ИИ эффективность чтения повышается до 100 %.

В результате внедрения в работу Организационной двухкомпонентной модели с применением ИИ выполняются задачи, установленные программой цифровизации здравоохранения: повышается качество диагностики туберкулеза легких; сокращается время на обследование одного пациента; снижается нагрузка на врача-рентгенолога и в итоге выполнения всех вышеперечисленных задач повышается доступность медицинской помощи населению.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ключевым достижением работы следует считать разработку целостной Организационной двухкомпонентной модели, где цифровые инструменты выполняют строго определенные функции в общей системе противотуберкулезной помощи населению. Основное улучшение процессов достигнуто за счет четкой регламентации этапов и потоков данных. Автоматизированная первичная сортировка через загрузку флюорограмм в программное обеспечение ПО "Predict" заменяет трудоемкое первичное чтение врачом, мгновенно идентифицируя снимки с низкой вероятностью патологии и выделяя группу для приоритетного врачебного внимания. Это представляет собой не диагностику, а эффективную систему сортировки, оптимизирующую нагрузку специалиста.

Важным элементом Алгоритмов модели стала централизация экспертизы, предусматривающая обязательное повторное чтение снимков из групп риска врачом-рентгенологом головного учреждения через центральный архив медицинских изображений. Данный подход успешно устраняет проблему дефицита местных кадров и унифицирует критерии оценки. Сквозная электронная маршрутизация обеспечивает формирование цифрового списка «ФЛГ-положительных» лиц и его автоматическую передачу по защищенной сети от рентгенолога к заведующему

поликлиникой, а затем участковому терапевту, что исключает потери данных и задержки, свойственные бумажному документообороту.

Особого внимания заслуживает разработка дифференцированных процессов для разных условий. Создание двух отдельных алгоритмов для Арктической и Промышленной зон демонстрирует системный подход к решению проблемы. Для Арктической зоны алгоритм дополнен работой мобильных бригад и новой учетной формой, что компенсирует отсутствие очной доступности медицинских учреждений. Для Промышленной зоны с развитой инфраструктурой алгоритм работает в более прямом и быстром режиме. Таким образом, программное обеспечение "Predict" выступает не как самостоятельный диагностический инструмент, а как критически важный фильтр-ускоритель на входе в утвержденный клинический процесс. Сокращение сроков диагностики следует рассматривать как следствие комплексной оптимизации всего процесса, а не только использования технологических решений.

Ограничения исследования.

Представленные алгоритмы имеют ряд ограничений, связанных с этапами их реализации и обобщаемостью. Устойчивая работа критически зависит от бесперебойного функционирования всех его технологических компонентов, включая центральный архив медицинских изображений, защищенные сети и стабильный интернет. В условиях Арктической зоны сбой на любом из этих этапов может парализовать процесс. Существует также риск операционных ошибок, поскольку увеличивается нагрузка на центральное звено в лице рентгенологов головного учреждения и организаторов здравоохранения, отвечающих за координацию потоков.

Исследование фиксирует улучшение показателей, но для оценки итоговой эффективности Организационной двухкомпонентной модели необходимы долгосрочные данные о влиянии на эпидемиологические показатели, которые могут проявиться через несколько лет наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования подтверждают, что раннее выявление туберкулеза в условиях малонаселенных территорий остается сложной задачей из-за низкой плотности населения и ограниченной доступности традиционных скрининговых методов обследования. Внедрение телемедицинских технологий и цифровых инструментов может повысить охват диагностикой, однако их применение в арктических и промышленных зонах требует адаптации с учетом особенностей территорий и подходов к организации медицинской службы.

Ключевыми нерешенными аспектами остаются оптимизация маршрутизации пациентов, снижение времени постановки диагноза и повышение точности

интерпретации рентгенологических данных, особенно в условиях дефицита специалистов.

В данном исследовании разработана и апробирована Организационная двухкомпонентная модель выявления туберкулеза с использованием информационных технологий, включая ПО "Predict" на основе искусственного интеллекта. Внедрение модели позволило увеличить охват флюорографическим скринингом на 3,2 %, сократить сроки диагностики на 22,7–32,9 дня и снизить долю недообследованных пациентов в 2–4 раза. Применение искусственного интеллекта при анализе флюорограмм обеспечивает высокую точность (до 99,6 %), при этом минимизированы пропуски патологии и снижены нагрузки на врачей рентгенологов. Разработанные Алгоритмы модели для Арктической и Промышленной зон доказали свою эффективность за счет комбинации телемедицинских консультаций, автоматизированного анализа изображений и оптимизации маршрутизации пациентов.

Полученные результаты имеют важное клиническое значение, так как позволяют повысить доступность и качество диагностики туберкулеза в труднодоступных регионах, сократить время от выявления до лечения. Научная ценность работы заключается в обосновании подхода, сочетающего цифровые технологии с адаптированными организационными решениями для разных социально-территориальных зон. Для дальнейшего развития исследования целесообразно расширить апробацию модели на другие регионы с аналогичными условиями, усовершенствовать алгоритмы искусственного интеллекта для повышения специфичности при дифференциальной диагностике, а также изучить долгосрочное влияние внедренных методов на эпидемиологические показатели по туберкулезу.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бородулина Е.А. Вопросы выявления туберкулеза в общей врачебной практике. *Врач*. 2023; 34(2): 5–10. [Borodulina EA. Issues of tuberculosis detection in general medical practice. *Doctor*. 2023; 34(2): 5–10. (In Russ.)]. doi: 10.29296/25877305-2023-02-01
2. Гусейналиева В.Н. Совершенствование выявления туберкулеза в учреждениях первичного медицинского звена и его влияние на показатель заболеваемости. *Туберкулез и болезни легких*. 2020; 98(10): 41–46. [Guseynaliyeva VN. Improved detection of tuberculosis in primary health care and its impact on the incidence. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2020; 98(10): 41–46. (In Russ.)]. doi: 10.21292/2075-1230-2020-98-10-41-46
3. Стерликов С.А., Галкин В.Б., Малиев Б.М., Широкова А.А., Хоротэтто В.А., Майжегисева А.С. Влияние активного выявления случаев туберкулеза на результаты лечения взрослых пациентов с туберкулезом

легких. *Туберкулез и болезни легких*. 2021; 99(7): 33–40. [Sterlikov SA, Galkin VB, Maliev BM, Shirokova AA, Khorotetto VA, Mayzhegisheva AS. Impact of active case finding on treatment outcomes in adult pulmonary tuberculosis patients. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2021; 99(7): 33–40. (In Russ.)]. doi: 10.21292/2075-1230-2021-99-7-33-40

4. Бурцева Т.Е., Слепцова С.С., Гоголев Н.М., Афанасьева Л.Н., Борисова Е.А., Коростелева А.В. и др. Особенности медицинского обслуживания и медико-демографические показатели в арктических районах РС(Я). *Якутский медицинский журнал*. 2021; (1): 73–77. [Burtseva TE, Sleptsova SS, Gogolev NM, Afanaseva LN, Borisova EA, Korosteleva AV, et al. Features of medical care and medical-demographic indicators in the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia). *Yakut Medical Journal*. 2021; (1): 73–77. (In Russ.)]. doi: 10.25789/YMJ.2021.73.20

5. Калашников К.Н., Артамонов И.В. Здоровоохранение сельских территорий: пространственно-временные аспекты доступности. *Проблемы развития территории*. 2020; 2(106): 120–132. [Kalashnikov KN, Artamonov IV. Health care in rural areas: spatial and temporal aspects of accessibility. *Problems of Territory's Development*. 2020; 2(106): 120–132. (In Russ.)]. DOI: 10.15838/ptd.2020.2.106.9

6. Ступак В.С., Манюшкина Е.М., Деев И.А., Кобыкова О.С., Бантьева М.Н., Соколовская Т.А. Климатогеографические предпосылки организации медицинской помощи населению районов Крайнего Севера в Российской Федерации. *Профилактическая медицина*. 2023; 26(12): 109–115. [Stupac VS, Manoshkina EM, Deev IA, Kobyakova OS, Bantyeva MN, Sokolovskaya TA. Climatogeographic background for organizing medical care for the Far North Russian Federation population. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2023; 26(12): 109–115. (In Russ.)]. doi: 10.17116/profmed202326121109

7. Цыбикова Э.Б., Зубова Н.А. Подходы к организации выявления туберкулеза органов дыхания в условиях снижения его распространенности. *Туберкулез и болезни легких*. 2019; 97(9): 33–39. [Tsybikova EB, Zubova NA. Approaches to organization of respiratory tuberculosis detection when its prevalence is decreasing. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2019; 97(9): 33–39. (In Russ.)]. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-9-33-39

8. Коровка В.Г., Галкин В.Б., Паниди Е.А., Кузнецов И.С., Бельтюков М.В., Соколов Е.Г. и др. Возможности геоинформационных технологий для улучшения качества мониторинга очагов социально значимых инфекций. *Профилактическая медицина*. 2021; 24(10): 7–13. [Korovka VG, Galkin VB, Panidi EA, et al. Potential of geoinformation technologies to improve the monitoring of socially significant infections outbreaks. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2021; 24(10): 713. (In Russ.)]. doi: 10.17116/profmed2021241017

9. Морозов С.П., Кокина Д.Ю., Павлов Н.А., Кирпичев Ю.С., Гомболевский В.А., Андрейченко А.Е. Клинические аспекты применения искусственного интеллекта для интерпретации рентгенограмм органов грудной клетки. *Туберкулез и болезни легких*. 2021; 99(4): 58–64. [Morozov SP, Kokina DYU, Pavlov NA, Kirpichev YUS, et al.

Clinical aspects of using artificial intelligence for the interpretation of chest X-rays. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2021; 99(4): 58–64. (In Russ.]. doi: 10.21292/2075-1230-2021-99-4-58-64

10. Arzamasov K, Vasilev Y, Vladzimirsky A, Ome-lyanskaya O, Shulkin I, Kozikhina D, et al. An international noninferiority study for the benchmarking of AI for routine radiology cases: chest x-ray, fluorography and mammography. *Healthcare*. 2023; 11(12): 1684. doi: 10.3390/healthcare11121684

11. Seah JCY, Tang CHM, Buchlak QD, Holt XG, Wardman JB, Aimoldin A, et al. Effect of a comprehensive deep-learning model on the accuracy of chest x-ray interpretation by radiologists: a retrospective, multireader multicase study. *Lancet Digit Health*. 2021; 3(8): 496-506. doi: 10.1016/S2589-7500(21)00106-0

12. Тырылгин М.А. *Проблемы охраны здоровья населения Крайнего Севера*. Новосибирск: Наука; 2008. [Tyrylgina MA. *Health protection problems in the population of the Extreme North*. Novosibirsk: Nauka Publ.; 2008. (In Russ.)].

13. Об утверждении перечня субъектов Российской Федерации и отдельных районов Российской Федерации, относящихся к территориям с низкой либо с высокой плотностью населения. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.05.2004 № 707-Р (в ред. распоряжений Правительства РФ от 08.09.2004 N 1165-р, от 04.11.2004 N 1397-р). [On the approval of the list of constituent entities of the Russian Federation and certain regions of the Russian Federation belonging to territories with low or high population density. Order of the Government of the Russian Federation dated 25.05.2004 No. 707-R (as amended by orders of the Government of the Russian Federation dated 08.09.2004 No. 1165-r, dated 04.11.2004 No. 1397-r). (In Russ.)]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=67386>

14. Pchelintsev Ya, Khvostikov A, Buchatskaia O, Niki-forova N, Shepeleva L, Prokopen E, et al. Robustness analysis of chest x-ray computer tuberculosis diagnosis. *Computational Mathematics and Modeling*. 2023; 33(4): 472-486. doi: 10.1007/s10598-023-09587-0

Сведения об авторах

Прокопьев Егор Спиридонович – директор ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева»; старший преподаватель базовой кафедры фтизиологии Медицинского института, ФГАОУ ВО «Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; научный сотрудник ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России; e-mail: npctfiz@gov14.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7489-9221>

Яковлева Людмила Петровна – кандидат медицинских наук, заведующая Республиканским противотуберкулезным диспансером ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева»; e-mail: lpyak95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7663-6262>

Зорина Светлана Павловна – кандидат медицинских наук, заведующая организационно-аналитическим отделом ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева»; e-mail: zorinasp@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9300-9754>

Никифорова Нина Афанасьевна – врач-рентгенолог ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева»; e-mail: nikiada@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1306-1384>

Паролина Любовь Евгеньевна – доктор медицинских наук, профессор, руководитель Центра образования ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России; e-mail: l.parolina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4365-5894>

Винокурова Мария Константиновна – доктор медицинских наук, заместитель директора по организационной и научной работе ГБУ Республики Саха (Якутия) «Научно-практический центр «Фтизиатрия» им. Е.Н. Андреева»; профессор базовой кафедры фтизиологии Медицинского института, ФГАОУ ВО «Северо-восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»; e-mail: mkvin61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7673-3815>

Information about the authors

Egor S. Prokopen – director, E.N. Andreev Phthysiology Research-Practice Center; senior lecturer, Basic Department of Phthysiology, Institute of Medicine at M.K. Ammosov North-Eastern Federal University; research officer, National Medical Research Center of Phthysiology and Infectious Diseases, Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: npctfiz@gov14.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7489-9221>

Lyudmila P. Yakovleva – Cand. Sc. (Med.), head of the Republican Tuberculosis Treatment and Prevention Center, E.N. Andreev Phthysiology Research-Practice Center; e-mail: lpyak95@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7663-6262>

Svetlana P. Zorina – Cand. Sc. (Med.), head of Organization and Analytics Department, E.N. Andreev Research-Practice Center Phthysiatry; e-mail: zorinasp@ftiz14.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9300-9754>

Nina A. Nikiforova – Radiologist, E.N. Andreev Phthysiology Research-Practice Center; e-mail: nikiada@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1306-1384>

Lyubov E. Parolina – Dr. Sc. (Med.), professor, head of Education Center, National Medical Research Center of Phthysiology and Infectious Diseases, Ministry of Health of the Russian Federation; e-mail: l.parolina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4365-5894>

Mariya K. Vinokurova – Dr. Sc. (Med.), deputy director for Organization and Science, E.N. Andreev Phthysiology Research-Practice Center; professor, Basic Department of Phthysiology, Institute of Medicine at M.K. Ammosov North-Eastern Federal University; e-mail: mkvin61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7673-3815>