УДК 616.24-002.5-036.87-07
https://doi.org/10.65249/1027-7218-2026-2-12-20

Оценка риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания на основе многофакторного анализа

[1]В. Б. Смычек, [2]Я. В. Васильченко, [3]А. П. Мириленко

[1]Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации, Минск, Беларусь
[2]Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации, управления и экономики здравоохранения, Минск, Беларусь
[3]Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь

Цель исследования. Разработать метод определения риска развития рецидива для пациентов с туберкулезом органов дыхания на основе многофакторной математической модели.

Материал и методы. В исследование включены данные 224 пациента с туберкулезом органов дыхания трудоспособного возраста, которые впервые направленны на Минскую городскую медико-реабилитационную экспертную комиссию для определения инвалидности, в сложных экспертных случаях в консультативно-поликлиническое отделение ГУ «Республиканский научно-практический центр медицинской экспертизы и реабилитации» для уточнения степени выраженности имеющихся ограничений жизнедеятельности и клинико-трудового прогноза за период 2017–2024 гг. Средний возраст (SE) пациентов в данной когорте составил 47,4 (0,71) года.

Результаты. В ходе проведенного исследования была разработана многофакторная математическая модель, которая включает статистически значимые факторы риска: возраст более 51 года (B = 0,60; ОШ = 1,82; 90 % ДИ (1,039–3,18); p = 0,049), проживание в сельской местности (B = -1,07; ОШ = 2,92; 90 % ДИ (1,66–5,15); p = 0,002), социальная категория «не работающий» (B = 0,78; ОШ = 2,19; 90 % ДИ (1,15–4,18); p = 0,046), базовый уровень образования (B = -0,64; ОШ = 1,89; 90 % ДИ (1,06–3,34); p = 0,048), уровень квалификации (B = -0,42; ОШ = 1,51; 90 % ДИ (1,08–2,13); p = 0,045), характер квалификации (B = 0,85; ОШ = 2,34; 90 % ДИ (1,39–3,96); p = 0,008), наличие которых оказывает влияние на риск развития рецидива заболевания в исследуемой когорте пациентов с туберкулезом органов дыхания.

Заключение. Разработанная комплексная методика оценки риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания включает многофакторную математическую модель, разработанную на основе логистической регрессии, а также классификационную балльную схему, позволяющую использовать полученные результаты логистической регрессии в клинической и экспертной практике в виде интегрального балла оценки риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания.

Ключевые слова: туберкулез органов дыхания, рецидив, факторы риска, интегральный балл, медико-социальная экспертиза.

Objective. To develop a method for determining the risk of recurrence for patients with respiratory tuberculosis based on a multifactorial mathematical model.

Materials and methods. The study included data from 224 patients with respiratory tuberculosis of working age, who were sent for the first time to the Minsk City Medical Rehabilitation Expert Commission to determine disability. In difficult expert cases, to the consultative and polyclinic department of the Russian National Research Center for Medical Examination and Rehabilitation to clarify the severity of existing disability and clinical and labor prognosis. The observation period covered 2017–2024. The average age (SE) of patients in this cohort was 47.4 (0.71) years.

Results. In the course of the study, a multifactorial mathematical model was developed that includes statistically significant risk factors: age over 51 years (B = 0.60; OR = 1.82; 90 % CI (1.039–3.18); p = 0.049), living in rural areas (B = -1.07; OR = 2.92; 90 % CI (1.66–5.15); p = 0.002), social category “not working” (B = 0.78; OR = 2.19; 90 % CI (1.15–4.18); p = 0.046), basic level of education (B = -0.64; OR = 1.89; 90 % CI (1.06–3.34); p = 0.048), skill level (B = -0.42; OR = 1.51; 90 % CI (1.08–2.13); p = 0.045), type of qualification (B = 0.85; OR = 2.34; 90 % CI (1.39–3.96); p = 0.008), the presence of which affects the risk of disease recurrence in the study cohort of patients with respiratory tuberculosis.

Conclusion. The developed comprehensive methodology for assessing the risk of recurrence in patients with tuberculosis of the respiratory system includes a multifactorial mathematical model developed on the basis of logistic regression, as well as a classification scoring scheme that allows using the results of logistic regression in clinical and expert practice in the form of an Integral score for assessing the risk of recurrence in patients with tuberculosis of the respiratory system.

Key words: tuberculosis of the respiratory system, relapse, risk factors, integral score, medical and social expertise.

HEALTHCARE. 2026; 2: 12–20
ASSESSMENT OF THE RISK OF RECURRENCE IN PATIENTS WITH RESPIRATORY TUBERCULOSIS BASED ON MULTIFACTORIAL ANALYSIS
V. Smychek, Y. Vasilchenko, A. Mirilenko

Согласно последним данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), туберкулез (ТБ) вновь стал ведущей причиной смерти среди инфекционных заболеваний во всем мире. В 2023 г. от ТБ умерло в общей сложности 1,25 млн человек. Также ТБ является одной из ведущих причин смерти, обусловленной устойчивостью к противомикробным препаратам. Туберкулез встречается повсеместно – во всех странах и среди людей всех возрастов. По оценкам ВОЗ, в 2023 г. число заболевших ТБ составило 10,8 млн человек [1].

Одной из самый тревожных угроз для общественного здравоохранения стал рост числа пациентов с множественной лекарственной устойчивостью, которая формируется по двум основным причинам: неправильный выбор или применение противотуберкулезных препаратов и преждевременное прерывание лечения [1]. Также воздействие на пациента различных негативных медицинских и социальных факторов риска способствует реактивации и прогрессированию туберкулезного процесса в легких [2].

В Республике Беларусь, как и во многих других странах, нередко возникают ошибки при проведении медико-социальной экспертизы (МСЭ) пациентов с ТБ легких. Связано это с недооценкой клинико-функционального состояния пациента, а также с неучетом его профессионально-трудовых, социально-бытовых и демографических особенностей, что увеличивает риск развития рецидива и ухудшает прогноз – заболевание приобретает хронический характер течения и приводит к росту лекарственно-устойчивого ТБ [3; 4]. В результате чего пациентам с ТБ легких своевременно не составляют индивидуальную программу реабилитации, абилитации (ИПРА) инвалида. Они не получают социальных льгот и гарантий. Из-за профессиональной непригодности в основной профессии снижается их конкурентоспособность на рынке труда, что приводит к социальной недостаточности [3].

Следует отметить, что своевременное проведение МСЭ направлено на профилактику инвалидности у пациентов с ТБ легких путем выявления факторов риска развития реактивации и прогрессирования туберкулезного процесса в легких, разработки рекомендаций по предотвращению ухудшения состояния здоровья и профилактике осложнений. Одной из задач МСЭ также является социально-правовая защита пациентов. Она реализуется путем составления ИПРА инвалида, которая содержит информацию о степени ограничений способности к трудовой деятельности, противопоказанных факторах производственной среды, показанных условиях труда. Это позволит сохранить профессиональную трудоспособность пациента путем профессиональной ориентации, обучения или переобучения, что обеспечит экономическую независимость пациентов с ТБ легких [3].

Учитывая, что в литературных источниках на тему оценки прогностических факторов риска развития рецидива ТБ легких информации недостаточно и она неопределенная, требующая уточнения, адаптации и верификации на предыдущем этапе исследования, нами были выявлены профессионально-трудовые, социально-бытовые и демографические факторы, оказывающие статистически значимое влияние на риск развития рецидива туберкулезного процесса в легких. Были не только выделены факторы, но и проведена оценка их влияния количественно, определено отношение шансов (ОШ) риска развития рецидива заболевания при наличии негативного фактора.

Также важно прогнозировать риски как можно точнее и учитывать влияние всех прогностических факторов, поэтому в настоящем исследовании предполагается создание многофакторной математической модели риска развития рецидива и разработка практического метода проведения оценки риска развития рецидива у пациентов с ТБ органов дыхания (ОД).

Цель исследования – разработать метод определения риска развития рецидива для пациентов с ТБ ОД на основе многофакторной математической модели.

Материал и методы

В исследование включены данные 224 пациентов с ТБ ОД трудоспособного возраста, которые впервые направленны на Минскую городскую медико-реабилитационную экспертную комиссию (МРЭК) для определения инвалидности. В сложных экспертных случаях в консультативно-поликлиническое отделение РНПЦ медицинской экспертизы и реабилитации для уточнения степени выраженности имеющихся ограничений жизнедеятельности и клинико-трудового прогноза. Период наблюдения охватывал 2017–2024 гг.

Средний возраст (SE) пациентов в данной когорте составил 47,4 (0,71) года. Среди обследованных пациентов было 168 мужчин, средний возраст (SE) которых составил 49,2 (0,79) года, и 56 женщин, средний возраст которых составил 41,8 (1,32) года.

Всем пациентам с ТБ ОД была проведена комплексная клинико-функциональная диагностика

в соответствии с Клиническим протоколом диагностики и лечения пациентов с ТБ[1]. При оценке состояния здоровья пациентов, включенных в исследование, применяли следующие методы исследования: анамнестический, аналитический, клинический осмотр по органам и системам организма, инструментальный и лабораторный, метод экспертных оценок в соответствии с методом оценки ограничений жизнедеятельности при последствиях заболеваний и травм, состояниях у лиц в возрасте старше 18 лет[2] и методы профессионально-трудовой диагностики и экспертизы трудовой деятельности.

При анализе данных использовали стандартные методы описательной статистики и критерии значимости статистических различий. Исследование совместного влияния прогностических факторов на риск развития рецидива заболевания проводили с применением метода многофакторной логистической регрессии.

Результаты и обсуждение

На предыдущем этапе исследования нами был научно обоснован интегральный критерий риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД: риск рецидива у данной когорты пациентов возрастает при влиянии профессионально-трудовых, социально-бытовых и демографических факторов.

Анализ факторов риска показал, что вероятность развития рецидива заболевания статистически значимо увеличивается при влиянии следующих негативных факторов: мужской пол (отношение шансов (ОШ) = 2,33), возраст более 51 года (ОШ = 2,31), проживание в сельской местности (ОШ = 3,27), базовый уровень образования (ОШ = 1,96), социальная категория «не работающий» (ОШ = 5,81), наличие профессионально-технического образования (ОШ = 7,5), наличие вредных условий труда (ОШ = 1,79), низкий уровень квалификации (ОШ = 2,23), неквалифицированный труд (ОШ = 4,12), индекс массы тела (ИМТ) менее 22 кг/м² (ОШ = 2,17).

Многофакторную математическую модель риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД разрабатывали с использованием метода логистической регрессии. Первоначально в модель включали все ранее выделенные нами факторы, оказывающие статистически значимое влияние на риск развития рецидива в исследуемой когорте пациентов с ТБ ОД.

Перед построением в соответствии с требованиями к многофакторной модели проводили проверку на мультиколлинеарность, то есть были исключены показатели, при которых независимые переменные модели демонстрируют высокую степень взаимной корреляции, что может искажать результаты регрессионного анализа и снижать надежность оценок. Для исключения этого эффекта был проведен корреляционный анализ, в ходе которого оценивали парные коэффициенты корреляции между всеми включенными в модель факторами.

Результаты анализа показали, что максимальное значение коэффициента корреляции между переменными не превышало 0,6, что соответствует общепринятым статистическим требованиям и свидетельствует об отсутствии критической мультиколлинеарности. Таким образом, все включенные в модель факторы были признаны статистически независимыми и подходящими для дальнейшего анализа в рамках многофакторной модели.

Следовательно, все перечисленные показатели были включены в первоначальную модель. В результате процедуры пошагового исключения была получена окончательная многофакторная математическая модель оценки риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД, параметры которой приведены в табл. 1.

Для включения категориальных факторов риска в регрессионный анализ были использованы бинарная и порядковая кодировки в зависимости от типа переменных. Бинарную кодировку использовали для дихотомических факторов (возрастная группа, место проживания, социальная категория и уровень образования). Порядковую кодировку применяли для факторов с упорядоченными категориями, где числовые значения отражают степень выраженности фактора (уровень и характер квалификации). Описание кодировки факторов, включенных в математическую модель риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД, представлено в табл. 2.

В полученной нами математической модели риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД степень выраженности негативного влияния факторов определяется знаком коэффициента (положительный или отрицательный) и числовым зна-

[1]Об утверждении клинического протокола : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 16 дек. 2022 г. № 118 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22339589p (дата обращения: 12.11.2025).

[2]Об утверждении метода оценки ограничений жизнедеятельности при последствиях заболеваний и травм, состояниях у лиц в возрасте старше 18 лет : приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 4 февр. 2022 г. № 131 : в ред. от 10 мая 2022 г. № 606 // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 12.11.2025).

Таблица 1. Параметры математической модели оценки риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания

Table 1. Parameters of a mathematical model for assessing the risk of recurrence in patients with respiratory tuberculosis

Фактор	B	Exp (B)	90 % ДИ Exp (B)	p
Возраст более 51 года	0,60	1,82	1,039–3,18	0,049
Житель села	-1,07	2,92	1,66–5,15	0,002
Социальная категория «не работающий»	0,78	2,19	1,15–4,18	0,046
Уровень образования – базовое	-0,64	1,89	1,06–3,34	0,048
Уровень квалификации	-0,42	1,51	1,08–2,13	0,045
Характер квалификации	0,85	2,34	1,39–3,96	0,008
Константа	1,16	–	–	–

Примечание: Exp (B) – экспонента от коэффициента B.

Таблица 2. Кодировка факторов, включенных в математическую модель риска развития рецидива у пациентов с туберкулезом органов дыхания

Table 2. Coding of factors included in the mathematical model of the risk of recurrence in patients with respiratory tuberculosis

Фактор	Значение фактора
Возраст:	
более 51 года	1
менее 51 года	0
Житель села	1
Житель города	2
Социальная категория:	
не работающий	1
работающий	0
Уровень образования:	
базовое	1
общее среднее	2
Уровень квалификации:	
1–3 разряд	1
4–5 разряд	2
6–9 разряд	3
10–14 разряд	4
Характер квалификации:	
специалист с высшим образованием	1
специалист со средним специальным образованием	2
квалифицированный рабочий	3
неквалифицированный рабочий	4

чением кодировки. Интерпретация будет зависеть от направленности связи.

Отрицательный знак коэффициента в полученной математической модели указывает на обратную зависимость между значением фактора и риском рецидива. Чем ниже числовое значение кодировки данных факторов (место жительства, уровень образования, уровень квалификации), тем выше вероятность рецидива ТБ ОД.

Положительный знак коэффициента в полученной математической модели свидетельствует о прямой зависимости: чем выше числовое значение кодировки данных факторов (возрастная группа, социальная категория, характер квалификации), тем выше вероятность рецидива ТБ ОД.

Таким образом, в полученной математической модели направление влияния фактора риска определяется знаком коэффициента, а степень выраженности негативного влияния – величиной числового значения кодировки фактора.

Факторы, которые вошли в окончательную многофакторную математическую модель риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД, являются ключевыми прогностическими факторами риска рецидива, которые имеют как клиническое, так и социально-экономическое значение.

Для входа данных факторов риска в математическую модель были следующие основания: пациенты старше 51 года имеют высокий риск развития рецидива ТБ ОД в связи с возрастными изменениями иммунного статуса и высокой распространенностью сопутствующих хронических заболеваний. У данной категории пациентов чаще формируются необратимые остаточные изменения в легких (фиброз, бронхоэктазы), что приводит к развитию хронической дыхательной недостаточности [4]. Работа в условиях контакта с производственной пылью, низких температур или химических испарений усугубляет легочную дисфункцию, способствуя прогрессированию дыхательной недостаточности и повышает риск реактивации туберкулезного процесса в легких [5].

Сельские жители, часто занятые физически тяжелым трудом (сельское хозяйство, животноводство), подвергаются воздействию неблагоприятных микроклиматических условий: длительное пребывание в холодных, сырых помещениях или контакт с органической пылью. Эти факторы способствуют подавлению местного иммунитета дыхательных путей и повышают вероятность реактивации туберкулезной инфекции [6].

Пациенты, не занятые трудом, как правило, не проходят в установленные законодательством сроки диспансерного наблюдения, это ведет к несвоевременной диагностике рецидивов и оказанию медицинской помощи, что ухудшает прогноз заболевания[3].

Пациенты с базовым уровнем образования и низкой квалификацией чаще заняты неквалифицированным трудом, который связан с высоким риском контакта с производственной пылью, химическими веществами, а также работой в холодных, сырых помещениях с высокой влажностью или перепадами температуры. Такие условия труда напрямую оказывают воздействие на слизистую оболочку дыхательных путей, способствуют хроническому воспалению и увеличивают риск рецидива ТБ ОД [7].

Для наглядного применения расчета риска развития рецидива приводим экспертный случай. П а ц и е н т В. с ТБ ОД после завершения курса лечения в периоде временной нетрудоспособности был направлен на МСЭ для решения вопроса о наличии временного или стойкого ограничения способности к трудовой деятельности. При освидетельствовании пациента МРЭК была проведена комплексная оценка состояния его здоровья и развившихся у него функциональных нарушений на фоне основного заболевания и проведенного лечения. На дату освидетельствования к категории «основная профессия» относятся профессия рабочего 5-го разряда. В ходе проведения профессионально-трудовой диагностики и экспертизы трудовой деятельности пациента были определены профессионально-трудовые, социально-бытовые и демографические факторы риска развития рецидива ТБ ОД, кодировка которых представлена в табл. 3.

Логистическая регрессия позволяет оценить вероятность наступления события (рецидива ТБ ОД) на основе линейной комбинации предикторов.

Риск развития рецидива заболевания рассчитывают по формуле логистической регрессии:

$$P = \frac{e^Z}{1+e^Z},$$

где $Z = B_1x_1 + B_2x_2 + B_nx_n + C$; x_i – факторы; B_i – коэффициенты при факторах; C – константа.

Рассчитываем Z уравнения математической модели:

Z = 1,16 + (0,60 × 0) + (-1,07 × 1) + (0,78 × 0) + + (-0,64 × 1) + (-0,42 × 3) + (0,85 × 3).

Z = 1,16 + 0 – 1,07 + 0 – 0,64 – 1,26 + 2,55 = 0,74.

Затем рассчитываем вероятность P развития рецидива ТБ ОД:

P = exp (1,73) / (1 + exp (1,73)) = 0,677.

Таким образом, расчетный риск развития рецидива для пациента В. с данным профилем составляет 67,7 %.

Предсказательную эффективность разработанной нами математической модели риска развития рецидива у пациента с ТБ ОД исследовали с помощью ROC-анализа. На рис. 1 приведена соответствующая ROC-кривая для оценки предсказательной эффективности математической модели риска рецидива ТБ ОД.

Точность или качество модели характеризуется площадью под кривой операционных характе-

Таблица 3. Кодировка прогностических факторов риска развития рецидива туберкулеза органов дыхания у пациента В.

Table 3. Coding of prognostic risk factors for the development of respiratory tuberculosis recurrence in patient V.

Фактор	Значение фактора	Обозначение	Код
Возрастная группа	Младше 51 года	F1	0
Место жительства	Житель села	F2	1
Социальная категория	Работающий	F3	0
Уровень образования	Базовое	F4	1
Уровень квалификации	5-й разряд	F5	3
Характер квалификации	Рабочий	F6	3

[3]О диспансерном наблюдении пациентов противотуберкулезных организаций здравоохранения : приказ М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 7 дек. 2021 г. № 1542 : в ред. от 18.02.2025 № 168 // ilex : информ. правовая система (дата обращения: 17.11.2025).

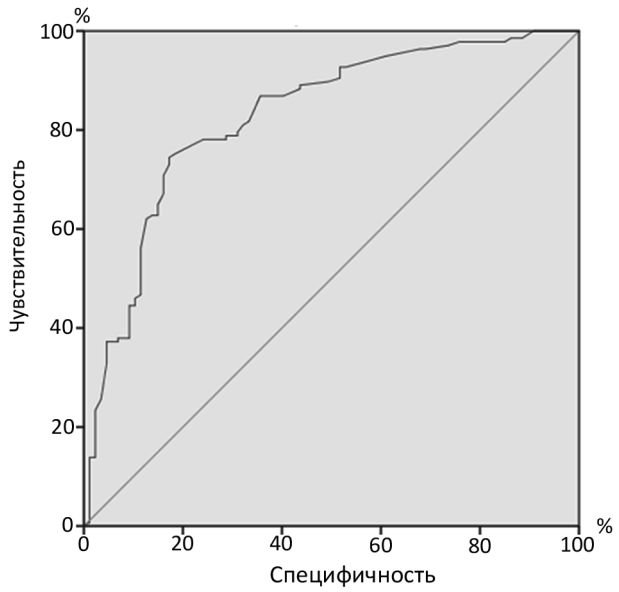


Рис. 1. ROC-кривая для оценки предсказательной эффективности математической модели риска рецидива туберкулеза органов дыхания

Fig. 1. ROC-curve for assessing the predictive effectiveness of a mathematical model for the risk of relapse of respiratory tuberculosis

ристик (AUC), которая в данном случае составила 0,828 (95 % ДИ (0,772–0,884)). Таким образом, можно утверждать, что полученная математическая модель риска развития рецидива у пациента с ТБ ОД обладает высокими прогностическими характеристиками.

В качестве практического диагностического теста можно взять точку ROC-кривой, соответствующую предсказанной вероятности 0,595, и, соответственно, чувствительность 78,1 % и специфичность 85,9 %.

Разработанная математическая модель оценки риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД представляет значительную ценность с точки зрения академических исследований. Такие модели позволяют проводить детальный количественный анализ влияния факторов на вероятность развития рецидива заболевания. Однако сложность данных моделей заключается в необходимости применения специализированного программного обеспечения, а также участия высококвалифицированных специалистов для корректной интерпретации результатов. Это значительно ограничивает возможность их широкого внедрения в практическую медицину.

Поэтому на основе полученной математической модели была разработана классификационная схема, позволяющая использовать полученные результаты в практической медицине. Метод основан на том, что в модели логистической регрессии вероятность риска зависит от линейной комбинации факторов, поэтому каждому фактору может быть определено некоторое количество баллов в соответствии с его коэффициентом в модели. Балл для каждого фактора определяли путем умножения факторов на общий множитель – такой, что все баллы оказываются близки к целочисленным значениям. Применение схемы состоит в суммировании баллов, соответствующих негативным факторам, и сравнении полученной суммы с пороговым значением. Параметры классификационной схемы оценки риска рецидива ТБ ОД приведены в табл. 4.

Рассчитанный таким образом балл является унитарной интегральной характеристикой риска рецидива ТБ ОД (интегральный балл), он может быть дополнительным критерием при оценке ограничений категории жизнедеятельности «способность к трудовой деятельности» при проведении МСЭ.

Интегральный балл оценки риска рецидива ТБ ОД также может использоваться при проведении

Таблица 4. Параметры классификационной схемы оценки риска рецидива туберкулеза органов дыхания

Table 4. Parameters of the classification scheme for assessing the risk of recurrence of tuberculosis of the respiratory system

Фактор	Значение фактора
Возраст:	
более 51 года	11
менее 51 года	0
Житель села	18
Житель города	0
Социальная категория:	
не работающий	13
работающий	0
Уровень образования:	
базовое	11
общее среднее	0
Уровень квалификации:	
1–3 разряд	27
4–5 разряд	18
6–9 разряд	9
10–14 разряд	0
Характер квалификации:	
специалист с высшим образованием	0
специалист со средним специальным образованием	14
квалифицированный рабочий	28
неквалифицированный рабочий	28

профессионально-трудовой диагностики и экспертизы трудовой деятельности путем определения и исключения факторов риска, способствующих прогрессированию туберкулезного процесса в легких, развитию осложнений, а также неэффективности разработанной ИПРА инвалида.

На основе интегрального балла оценки риска рецидива ТБ ОД врачи-эксперты МРЭК при формировании ИПРА инвалида могут персонализировать мероприятия по профессиональной и трудовой реабилитации, путем проведения профессиональной ориентации, обучения или переобучения пациентов с ТБ ОД, учитывая выявленные факторы риска развития рецидива заболевания, а также подбора показанных видов профессиональной деятельности для рационального трудоустройства, учитывая материальные и моральные интересы.

На основе показателя «Интегральный балл» нами была построена монофакторная математическая модель риска рецидива ТБ ОД, которая представлена в табл. 5.

Для оценки предсказательной эффективности полученной монофакторной математической модели риска рецидива ТБ ОД на рис. 2 приведена соответствующая ROC-кривая.

Площадь под кривой операционных характеристик (AUC) составила 0,845 (95 % ДИ (0,788–0,902)), что даже несколько выше, чем у многофакторной модели.

В качестве практического диагностического теста можно взять точку ROC-кривой, соответствующую предсказанной вероятности 0,562, чувствительность 80,5 %, специфичность 79,0 %. Данная точка соответствует значению показателя 55,9 балла, то есть критерием определения высокого риска развития рецидива ТБ ОД является условие «интегральный балл > 55 баллов».

Для обеспечения практического применения и надежности разработанной классификационной схемы нами была проведена валидизация теста на реальных данных исследуемой когорты пациентов с ТБ ОД, которая показала диагностические характеристики, представленные в табл. 6.

На основе полученных данных были рассчитаны основные показатели эффективности классификационной схемы: чувствительность составила

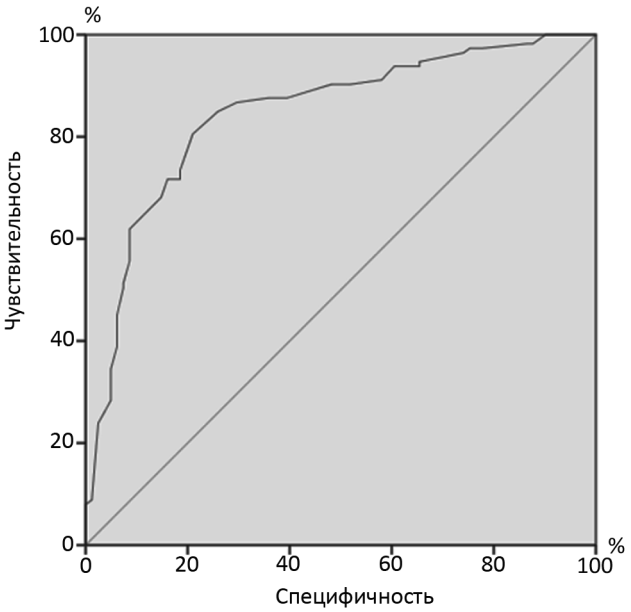


Рис. 2. ROC-кривая для оценки предсказательной эффективности монофакторной математической модели риска рецидива туберкулеза органов дыхания

Fig. 2. ROC-curve for assessing the predictive effectiveness of a monovarietal mathematical model of the risk of relapse of respiratory tuberculosis

80,5 %, специфичность – 79,0 %, положительная предсказательная ценность – 84,3 %, отрицательная предсказательная ценность – 74,4 %. Полученные результаты свидетельствуют о высокой диагностической точности разработанной классификационной схемы.

На предыдущем этапе исследования был научно обоснован интегральный критерий риска развития рецидива ТБ ОД. Риск развития рецидива в данной когорте пациентов возрастает при наличии профессионально-трудовых, социально-бытовых и демографических негативных факторов: мужской пол (ОШ = 2,33), возраст более 51 года (ОШ = 2,31), проживание в сельской местности (ОШ = 3,27), базовый уровень образования (ОШ = 1,96), социальная категория «не работающий» (ОШ = 5,81), профессионально-техническое образование (ОШ = 7,5), вредные условия труда (ОШ = 1,79), низкий уровень квалификации

Таблица 5. Параметры математической модели риска рецидива туберкулеза органов дыхания

Table 5. Parameters of the mathematical model of the risk of relapse of respiratory tuberculosis

Показатель	B	Exp (B)	90 % ДИ Exp (B)	p
Интегральный балл	0,070	1,072	1,051–1,094	> 0,001
Константа	-3,66	–	–	–

Таблица 6. Диагностические характеристики классификационной схемы

Table 6. Diagnostic characteristics of the classification scheme

Характеристики	Значение
Истинно положительные	91
Ложно положительные	17
Истинно отрицательные	64
Ложно отрицательные	22

(ОШ = 2,23), неквалифицированный труд (ОШ = = 4,12), ИМТ менее 22 кг/м^2 (ОШ = 2,17).

Многофакторную математическую модель риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД разрабатывали с использованием метода логистической регрессии, которая прошла проверку на мультиколлинеарность (максимальный коэффициент корреляции между переменными составил 0,6).

Все перечисленные факторы были включены в первоначальную модель. В результате процедуры пошагового исключения была получена окончательная многофакторная математическая модель, которая включает следующие статистически значимые факторы: возраст более 51 года (B = 0,60; ОШ = 1,82; 90 % ДИ (1,039–3,18); p = 0,049), проживание в сельской местности (B = -1,07; ОШ = 2,92; 90 % ДИ (1,66–5,15); p = 0,002), социальная категория «не работающий» (B = 0,78; ОШ = 2,19; 90 % ДИ (1,15–4,18); p = 0,046), базовый уровень образования (B = -0,64; ОШ = 1,89; 90 % ДИ (1,06–3,34); p = 0,048), уровень квалификации (B = -0,42; ОШ = 1,51; 90 % ДИ (1,08–2,13); p = 0,045), характер квалификации (B = 0,85; ОШ = 2,34; 90 % ДИ (1,39–3,96); p = 0,008).

Предсказательная эффективность модели была подтверждена с помощью ROC-анализа, на основании которого можно утверждать, что модель обладает высокими прогностическими характеристиками (AUC = 0,828; 95 % ДИ (0,772–0,884)).

Выводы

1. В ходе проведенного исследования была разработана комплексная методика оценки риска развития рецидива у пациентов с ТБ ОД. Данная методика включает многофакторную математическую модель на основе логистической регрессии, а также классификационную балльную схему, позволяющую использовать полученные результаты логистической регрессии в клинической и экспертной практике в виде интегрального балла оценки риска развития рецидива у пациента с ТБ ОД.

2. Интегральный балл представляет собой универсальную количественную характеристику, отражающую совокупный риск развития рецидива ТБ ОД. Данный показатель может выступать в качестве ключевого критерия при оценке ограничений способности к трудовой деятельности при проведении МСЭ.

3. Интегральный балл применим при проведении профессионально-трудовой диагностики и экспертизы трудовой деятельности. Его использование позволяет выявлять и устранять факторы риска, способствующие прогрессированию туберкулезного процесса в легких, развитию осложнений, а также повысить эффективность разработанной ИПРА инвалида.

4. На основе интегрального балла врачи-эксперты МРЭК имеют возможность персонализировать мероприятия по профессиональной и трудовой реабилитации. Это включает проведение профессиональной ориентации, организации обучения или переобучения пациентов с ТБ ОД с учетом выявленных факторов риска рецидива заболевания, а также подбор оптимальных видов профессиональной деятельности для рационального трудоустройства, учитывающего материальные и моральные интересы пациента.

Литература

1. Туберкулез // Всемирная организация здравоохранения. – URL: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis (date of access: 12.11.2025).

2. Шейфер, Ю. А. Деструктивные формы туберкулеза легких: особенности формирования, комплексная терапия, коррекция кислород зависимых процессов : монография / Ю. А. Шейфер, И. С. Гельберг, В. В. Зинчук. – Гродно : ГрГМУ, 2020. – 187 с.

3. Смычек, В. Б. Экспертиза профессиональной трудоспособности / В. Б. Смычек, Д. С. Казакевич, Л. Н. Горустович. – Мн. : Колорград, 2025. – 221 с.

4. Холявкин, А. А. Рецидивы туберкулеза легких и факторы, способствующие их возникновению / А. А. Холявкин // Проблемы здоровья и экологии. – 2004. – № 2. – С. 89–92.

5. Сельцовский, П. П. Факторы риска развития ранних рецидивов туберкулеза органов дыхания / П. П. Сельцовский, С. Л. Плиева, А. С. Свистунова // Туберкулез и социально значимые заболевания. – 2015. – № 3. – С. 4–10.

6. Особенности течения туберкулеза у жителей сельской местности / В. В. Пунга, Э. В. Путова, М. А. Якимова, Т. В. Измайлова // Туберкулез и болезни легких. – 2015. – № 7. – С. 116–117.

7. Влияние факторов, связанных с профессиональной деятельностью, на риск развития туберкулеза легких / А. Н. Наркевич, Н. М. Корецкая, К. А. Виноградов, А. А. Наркевич // Сибирское медицинское обозрение. – 2013. – № 5. – С. 49–52.

References

1. Tuberculosis. WHO. Available at: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis (accessed: 12.11.2025).

2. Shejfer Yu.A., Gel'berg I.S., Zinchuk V.V. Destructive forms of pulmonary tuberculosis: developmental features, complex therapy, correction of oxygen-dependent processes. Grodno: GrSMU; 2020. 187. (in Russian)

3. Smychek V.B., Kazakevich D.S., Gorustovich L.N. Expertise of professional work capacity. Minsk: Kolorgrad; 2025. 221. (in Russian)

4. Khalyavkin A. Relapses of a tuberculosis easy and factors promoting their occurrence. Problemy zdorov'ya i ekologii. 2004; 2: 89–92. (in Russian)

5. Seltzovsky P.P., Plieva S.L., Svistunova A.S. Risk factors of the pulmonary tuberculosis early relapses. Tuberkulez i social'no znachimye zabolevaniya. 2015; 3: 4–10. (in Russian)

6. Punga V.V., Putova E.V., Yakimova M.A., Izmajlova T.V. Specific course of tuberculosis disease in rural population. Tuberkulez i bolezni legkih. 2015; 7: 116–117. (in Russian)

7. Narkevich A.N., Koretskaya N.M., Vinogradov K.A., Narkevich A.A. Study of factors associated with the professional environment on the risk of developing pulmonary tuberculosis. Sibirskoe medicinskoe obozrenie. 2013; 5: 49–52. (in Russian)

Контактная информация:
Васильченко Яна Владимировна – врач-эксперт отдела методологического сопровождения медицинской аккредитации
Республиканский научно-практический центр медицинских технологий, информатизации,управления и экономики здравоохранения
Ул. Фабрициуса, 28, 220007, г. Минск
Сл. тел. +375 17 368-06-77
ORCID: 0009-0008-7854-4442

Участие авторов:
Концепция и дизайн исследования: В. Б. С., Я. В. В.
Сбор информации и обработка материала: Я. В. В.
Статистическая обработка данных: А. П. М.
Написание текста: В. Б. С., Я. В. В., А. П. М.
Редактирование: В. Б. С.
Смычек Василий Борисович. ORCID: 0000-0001-6886-1059
Мириленко Андрей Петрович. ORCID: 0000-0002-6096-8166
Конфликт интересов отсутствует

Поступила 28.11.2025
Принята к печати 23.12.2025