



<https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-209-217>
УДК 616-07-08:004.658

Генерация базы знаний для создания системы поддержки принятия врачебных решений по управлению процессом лечения

Е.А. Бородулина¹, В.В. Грибова², Д.Б. Окунь²,
Е.П. Еременко¹, Б.Е. Бородулин¹, Р.И. Ковалев²,
Е.С. Вдоушкина¹, Е.А. Амосова¹

¹ Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России),
443099, Российская Федерация, Самара, ул. Пионерская, 48

² Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИАПУ ДВО РАН),
690041, Российская Федерация, Владивосток, ул. Радио, 5

Аннотация

В стратегии научно-технологического развития Российской Федерации в приоритете обозначено формирование новых подходов к лечению туберкулеза, включая формы с множественной лекарственной устойчивостью. В современных условиях выполнение данной задачи невозможно без интенсивного внедрения передовых цифровых и интеллектуальных технологий, роботизированных систем и систем, использующих методы искусственного интеллекта. Данный подход должен начинаться с важного компонента – создания базы знаний.

Цель работы: разработка базы знаний медикаментозной терапии на основе соответствующей онтологии, сборка прототипа системы поддержки принятия врачебных решений для управления процессами лечения туберкулеза легких.

Материал и методы. В качестве модели использован туберкулез легких, где для лечения применяются единые стандартные подходы с ограниченным набором специфической химиотерапии. Используются актуальные научные данные и рекомендации по лечению туберкулеза легких у взрослых, согласно клиническим рекомендациям, утвержденным Министерством здравоохранения Российской Федерации в 2022 г. Для реализации интеллектуального сервиса применяется платформа IACPaaS.

Результаты. Создана база знаний для управления процессом лечения пациентов с туберкулезом легких, которая позволяет структурировать знания о медикаментозной терапии туберкулеза, определить понятия, отношения и аксиомы, описывающие данный процесс. Каждый элемент онтологии включает сложно структурированный блок условий, позволяющий описать в формальном представлении необходимые клинические критерии, которые определяют условия создания интеллектуального ассистента врача фтизиатра.

Заключение. Генерация базы знаний позволит перейти к персонализированной медицине за счет рационального применения препаратов, что даст возможность сократить сроки и повысить эффективность лечения заболевания.

Ключевые слова:	база знаний; туберкулез; лечение; лекарственная устойчивость.
Конфликт интересов:	авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование:	Работа частично финансировалась при поддержке Минобрнауки, гос. задание ИАПУ ДВО РАН № FWW-2021-0004.
Соответствие принципам этики:	исследование одобрено комитетом по биоэтике Самарского государственного медицинского университета (протокол № 211 от 07.10.2020 г.) в строгом соответствии с международными требованиями и российскими этическими принципами и нормами.
Для цитирования:	Бородулина Е.А., Грибова В.В., Окунь Д.Б., Еременко Е.П., Бородулин Б.Е., Ковалев Р.И., Вдоушкина Е.С., Амосова Е.А. Генерация базы знаний для создания системы поддержки принятия врачебных решений по управлению процессом лечения. <i>Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины</i> . 2024;39(2):209–217. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-209-217 .

✉ Бородулина Елена Александровна, e-mail: borodulinbe@yandex.ru.

A knowledge base generation for creation a medical decision support system for managing the treatment process

Elena A. Borodulina¹, Valeria V. Gribova², Dmitry B. Okun²,
Ekaterina P. Eremenko¹, Boris E. Borodulin¹, Roman I. Kovalev²,
Elizaveta S. Vdoushkina¹, Evgeniya A. Amosova¹

¹Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
89, Chapaevskaya, Samara, 443099, Russian Federation

²Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences,
5, Radio Street, Vladivostok, 690041, Russian Federation

Abstract

The strategy of scientific and technological development of the Russian Federation prioritizes the formation of new approaches to the treatment of tuberculosis, including forms with multidrug resistance. In modern conditions the fulfillment of this task is impossible without the intensive introduction of advanced digital and intelligent technologies, robotic systems and systems using artificial intelligence methods. This approach should start with an important component –the creation of a knowledge base.

Aim: To create a knowledge base of drug therapy based on the appropriate ontology, to assemble a prototype of a medical decision support system for managing the treatment of patients with pulmonary tuberculosis.

Material and Methods. Current scientific data and recommendations for the treatment of pulmonary tuberculosis in adults were used, according to clinical recommendations approved by the Ministry of Health of the Russian Federation in 2022. The IACPaaS platform is used to implement the intelligent service.

Results. A knowledge base has been created to manage the treatment of patients with pulmonary tuberculosis, which allows you to structure knowledge about drug therapy of tuberculosis, define concepts, relationships and axioms describing this process. Each element of the ontology includes a complexly structured block of conditions that allows you to describe in a formal presentation the necessary clinical criteria that determine the conditions for creating an intelligent assistant to a phthisiologist.

Conclusion. The generation of the knowledge base will make it possible to switch to personalized medicine through the rational use of anti-tuberculosis drugs, which will reduce the time and improve the effectiveness of tuberculosis treatment.

Keywords:	knowledge base; tuberculosis; treatment; drug resistance.
Conflict of interest:	authors declare that they have no conflict of interest.
Funding:	The study was partially funded with the support of the Ministry of Education and Science, the project of the IACP FEB RAS No. FFW-2021-0004.
Compliance with ethical standards:	the study was approved by the Bioethics Committee of Samara State Medical University (Protocol No. 211 dated 07.10.2020) in strict accordance with international requirements and Russian ethical principles and norms.
For citation:	Borodulina E.A., Gribova V.V., Okun D.B., Eremenko E.P., Borodulin B.E., Kovalev R.I., Vdoushkina E.S., Amosova E.A. The generation a knowledge base to create a medical decision support system for managing the treatment process. <i>Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine</i> . 2024;39(2):209–217. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-209-217 .

Введение

В рамках долгосрочной программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации (2021–2030 гг.), соответствующей стратегии научно-технологического развития РФ (Указ Президента РФ от 21.07.2020 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года») планируется разработка новых подходов к лечению туберкулеза, включая формы с мно-

жественной лекарственной устойчивостью. Для достижения поставленных целей по искоренению туберкулеза необходимо повысить показатели излечения, которые в некоторых регионах сейчас составляют всего 20%. Оптимальными считаются показатели в районе 70–80%, однако и они остаются недостаточными.

В практической деятельности фтизиатра существует широкий спектр возможных лечебных схем, эффективность каждой из них зависит от множества факторов, что

вызывает трудности при подборе индивидуального режима химиотерапии туберкулеза, особенно из-за роста лекарственной устойчивости к противотуберкулезным препаратам. Это приводит к увеличению сроков лечения, снижению эффективности, увеличению числа рецидивов и распространению лекарственно-устойчивых штаммов микобактерий туберкулеза [1–4]. Лечение туберкулеза является дорогостоящим и длительным процессом, который может занимать более года [5–7]. Чтобы избежать неадекватного лечения и достичь желаемого эффекта, молодому специалисту требуется квалифицированная помощь. Для опытного врача с большим стажем и опытом работы также важно постоянно обновлять свои знания о новых препаратах, которые внедряются в практику. В настоящее время при таком обилии информации, высоких требованиях к доказательности в медицине и высокой профессиональной ответственности иногда требуется больше, чем просто человеческий ресурс.

Возможным эффективным решением указанных проблем является создание систем поддержки принятия решений или интеллектуальных ассистентов врача, помогающих ему в принятии сложных и ответственных решений [8–10]. Такие системы включают использование баз знаний и / или технологий машинного обучения. Для этапа назначения лечения наиболее эффективны системы на основе знаний, поскольку требуется соответствие клиническим рекомендациям Минздрава России, которые часто обновляются, что приводит к неэффективности обучения на исторических данных. Системы, использующие свободно обновляемые знания, выраженные в современных медицинских терминах, генерирующие детализированные объяснения, позволяют решать важную задачу формирования персонализированного назначения лечения и снижать количество медицинских ошибок. Создание баз знаний для таких систем является задачей номер один и главным шагом при переходе к персонализированной медицине во фтизиатрии. Медицинские информационные системы в области здравоохранения все еще находятся в процессе совершенствования. В настоящее время используется множество систем, но ни одна из них полностью не решает задачи практического здравоохранения [8, 9]. Единый формат для создания информационной медицинской карты пока не разработан; нет систем, позволяющих обрабатывать накопленные знания во фтизиатрии.

Цель работы: разработка базы знаний медикаментозной терапии при туберкулезе легких на основе соответствующей онтологии, сборка прототипа системы поддержки принятия врачебных решений для управления процессами лечения больных туберкулезом легких.

Материал и методы

Выделены основные критерии для создания прототипа системы поддержки принятия врачебных решений для выбора режима медикаментозной терапии больных туберкулезом легких:

- знания в системе формируются в соответствии с клиническими рекомендациями, в случае изменений клинических рекомендаций знания изменяются с использованием редакторов, управляемых онтологией, экспертами предметной области (группами экспертов) в понятной и привычной терминологии и структуре (представление знаний в форме графа знаний значительно упрощает процесс его формирования); учитывая, что клинические

рекомендации содержат ряд неопределенностей и вариативность назначения ряда фармакологических препаратов, база знаний включает также уточнения и дополнения высококвалифицированных экспертов, их авторские методики, если такая практика допустима в медицинском учреждении, занимающемся научными исследованиями в данной предметной области;

- изменение знаний не приводит к изменению программного кода программного средства;

- система должна учитывать персональные особенности пациента и обосновывать принятые решения с подробными пояснениями [10].

Один из способов удовлетворения указанным критериям – использование онтологического подхода.

Базовым элементом для генерации информационного ресурса «База знаний для управления процессом лечения больных туберкулезом легких» является соответствующая онтология [12], которая позволяет структурировать знания о медикаментозной терапии туберкулеза, определить понятия, отношения и аксиомы, описывающие данный процесс. Каждый элемент онтологии включает сложно структурированный блок условий, позволяющий формально описывать необходимые клинические критерии, которые определяют условия его использования в лечении данного заболевания (рис. 1).

Согласно онтологии, генерация вершин базы знания [13] осуществляется следующим образом: «Коды МКБ», «Модель терапии», «Схема терапии» и «Этапы терапии» (рис. 2).

В «Модели терапии» представлены схемы терапии, применяемые при лечении больных туберкулезом в соответствии с клиническими рекомендациями. Конкретная «Схема терапии» может быть рекомендована в случае выполнения соответствующих условий.

Если условие не выполнено, то данная схема терапии не будет рекомендована к лечению. Такими условиями могут быть получение положительного результата на ВИЧ и / или появление устойчивости к противотуберкулезным препаратам. Для этого в «Модели терапии» введена категория «Условия стоп-терапии».

Для реализации интеллектуального сервиса используется платформа IACPaaS [13–16], которая позволяет разрабатывать интеллектуальные облачные сервисы [17–19]. Решатель задач представляет собой алгоритм, основанный на онтологии [20]. Он получает персональную медицинскую карту пациента, содержащую все доступные данные, включая жалобы, результаты анализов, осмотры и т. д. Решатель анализирует все имеющиеся рекомендации в базе знаний, проверяя соответствующие условия, значения которых сравниваются с данными из персональной медицинской карты. В результате работы решателя формируется заключение в медицинской карте пациента, которое содержит подробное объяснение назначенного лечения, включая выбор тактики терапии, набор необходимых лекарственных средств с информацией о разовой дозировке, кратности приема, форме выпуска, способе и продолжительности применения.

Результаты

В данной работе при формировании базы знаний использованы актуальные научные данные и рекомендации по лечению туберкулеза легких у взрослых согласно Клиническим рекомендациям, утвержденным Министерством здравоохранения Российской Федерации в 2022 г. [11].

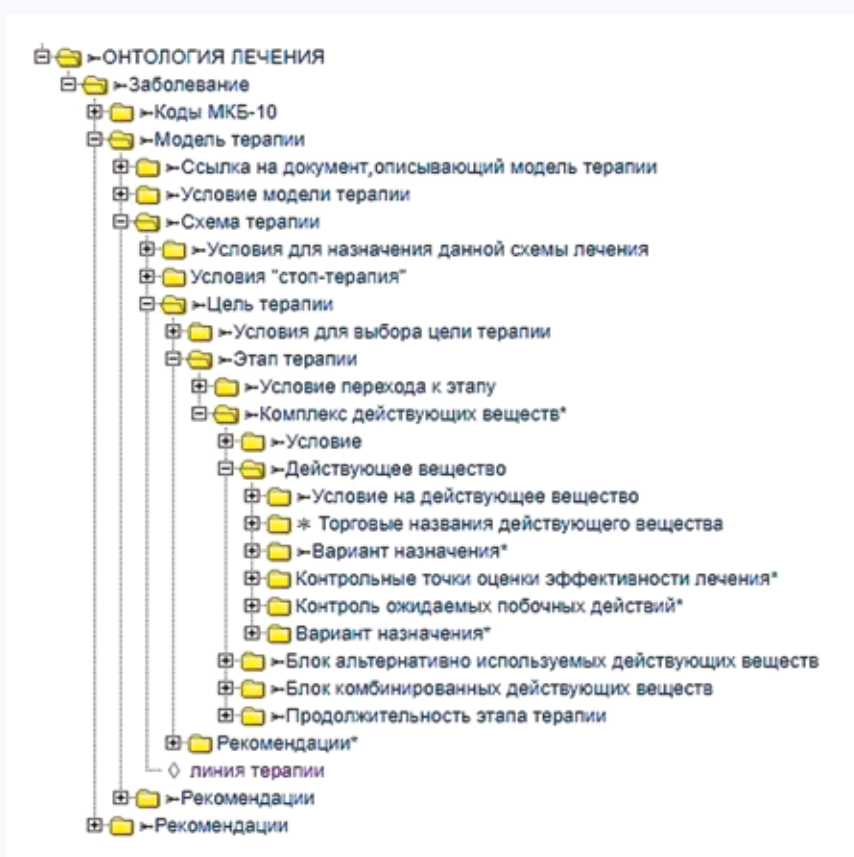


Рис. 1. Онтология лечения (скриншот)

Fig. 1. Treatment ontology (screenshot)

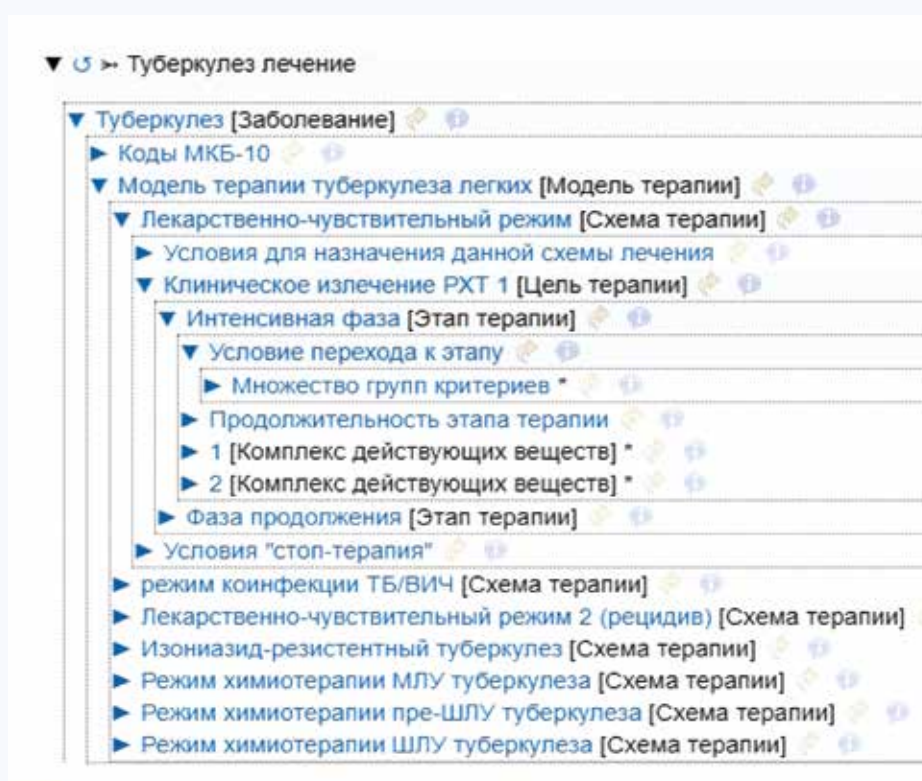


Рис. 2. Структура базы знаний (фрагмент)

Fig. 2. The structure of the knowledge base (fragment)

В лечении туберкулеза используется пять режимов химиотерапии, которые назначаются на основании индивидуальных результатов определения лекарственной устойчивости микобактерий туберкулеза.

Каждая схема терапии формируется на основе контроля достижения определенных целей. Каждая определяющая цель терапии включает возможное множество этапов терапии. Назначение терапии определяется в постоянном контроле за выполнением многоуровневого условия и при строгом учете принимаемых доз, что в свою очередь активизирует контроль перехода фаз терапии или перевод на иной режим терапии. Каждой Схеме терапии соответствует определенный набор Целей терапии.

Каждая основная *Цель терапии* включает несколько этапов, которые могут быть реализованы в процессе лечения. В данном случае основными этапами являются «Интенсивная фаза» и «Фаза продолжения», что полностью соответствует современным подходам к поэтапному проведению химиотерапии туберкулеза. Каждый из этих этапов содержит формализованное описание препаратов, а также правил их назначения с соответствующими комплексами условий (рис. 3).

Результатом работы системы является ресурс, который может быть получен в случае выполнения всех необходимых критериев для назначения режима и который содержит информацию с объяснением его

выбора индивидуально для конкретного пациента. (рис. 4).

Таковыми критериями являются пол и возраст пациента, жалобы, диагноз с указанием кода по МКБ-10, формы, локализации и фазы туберкулезного процесса, данные по лабораторной диагностике с указанием лекарственной чувствительности и устойчивости к противотуберкулезным препаратам (рис. 5).

Также объясняется причина отсутствия рекомендации: чаще это отсутствие признаков, которые не занесены в карту или не сделаны, или обследование проведено не корректно, либо же показания к такому варианту лечения отсутствуют.

Разработанная база знаний была апробирована на реальных историях болезни больных туберкулезом легких, состоящих на диспансерном учете в противотуберкулезном диспансере.

В каждой истории болезни входными данными являлись паспортные данные, жалобы, анамнез, диагноз, результаты лабораторной диагностики. После того как все критерии были внесены, проводилась диагностика рекомендуемого лечения. По результатам апробации отмечено, что интеллектуальный сервис рекомендовал лечение с учетом результатов лабораторной диагностики и тестов на лекарственную чувствительность, что полностью соответствовало действующим клиническим рекомендациям по лечению больных туберкулезом.

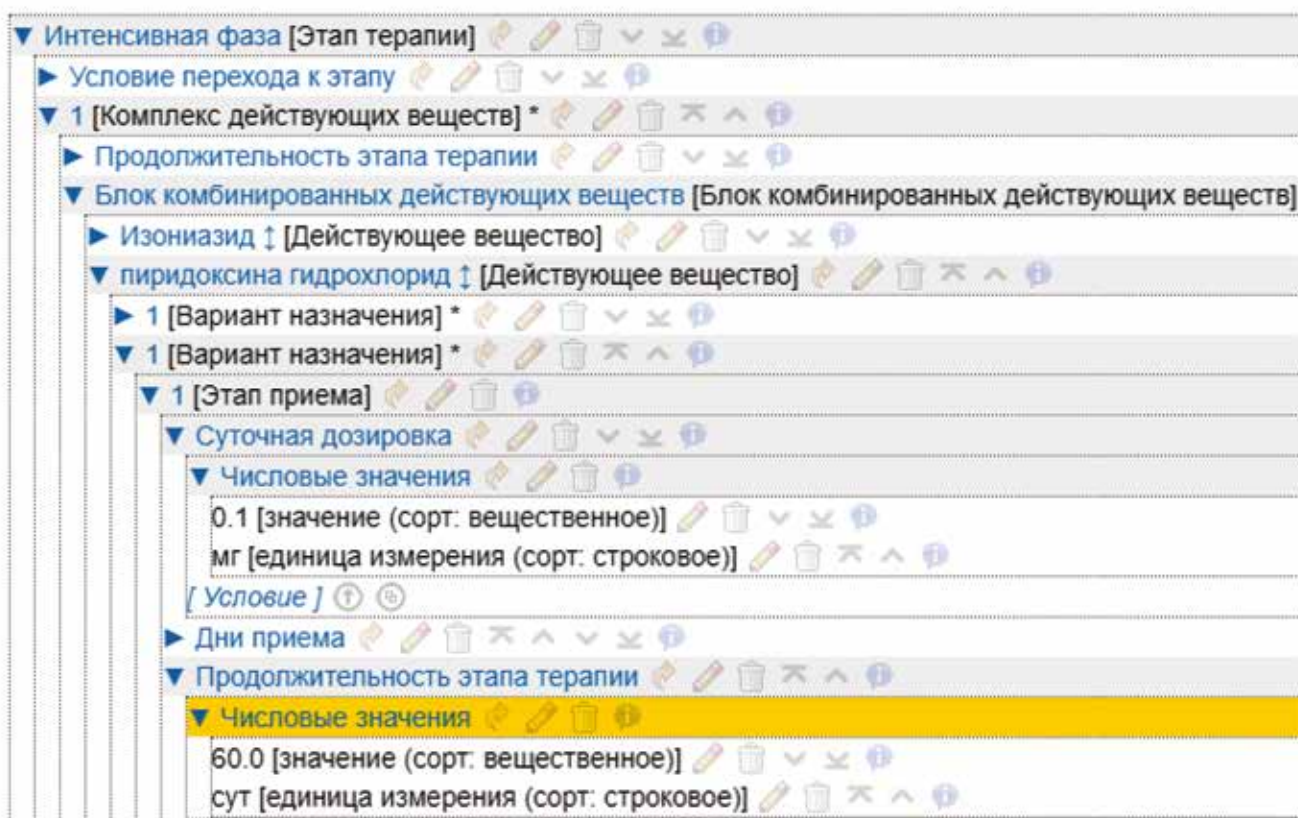


Рис. 3. Интенсивная фаза лечения с набором действующих веществ (фрагмент базы знаний)

Fig. 3. Intensive treatment phase with a set of active substances (knowledge base fragment)

▼ Рекомендовано к назначению лечения

▼ Модель терапии туберкулеза легких [Модель терапии]

▼ Лекарственно-чувствительный режим [Схема терапии]

▼ Клиническое излечение [Цель терапии]

▼ Интенсивная фаза [Этап терапии]

▼ Выполненные критерии

- ▶ Туберкулез [Критерий]
- ▶ Оптическая микроскопия [Критерий]
- «Л»
- [Критерий]

▼ Возможно к применению

▼ 1 [Комплекс действующих веществ]

- ▶ Рифампицин [Действующее вещество]
- ▶ Пиразинамид [Действующее вещество]
- ▼ Этамбутол [Действующее вещество]
- ▼ 1 [Вариант назначения]
- ▼ Возможно к применению
- ▼ Суточная дозировка
- ▼ Числовые значения
- 20.0 [значение (сорт: вещественное)]
- мг/кг [единица измерения (сорт: строковое)]
- [Выполненные критерии]

▼ Изониазид [Действующее вещество]

▼ 1 [Вариант назначения]

▼ Возможно к применению

▼ Суточная дозировка

▼ Числовые значения

10.0 [значение (сорт: вещественное)]

мг/кг [единица измерения (сорт: строковое)]

▼ Не рекомендовано к назначению лечения

▼ Модель терапии туберкулеза легких [Модель терапии]

▼ Изониазид-резистентный туберкулез [Схема терапии]

▼ Невыполненные критерии

▼ ДНК-стрип [Критерий]

▼ Чувствительность [Характеристика]

▼ Качественные значения

Рифампицин [значение (сорт: строковое)]

[значение (сорт: строковое)]

▶ Устойчивость [Характеристика]

[Характеристика]

▼ Плотная среда Левенштейна-Йенсена [Критерий]

- ▶ Найденный микроорганизм [Характеристика]
- ▶ Устойчивость к противотуберкулезным препаратам [Характеристика]
- ▶ Чувствительность к противотуберкулезным препаратам [Характеристика]
- [Характеристика]

▶ Жидкая среда BACTEC MGIT 960 320 [Критерий]

Рис. 4. Предлагаемое лечение с объяснением
Fig. 4. Proposed treatment with explanation

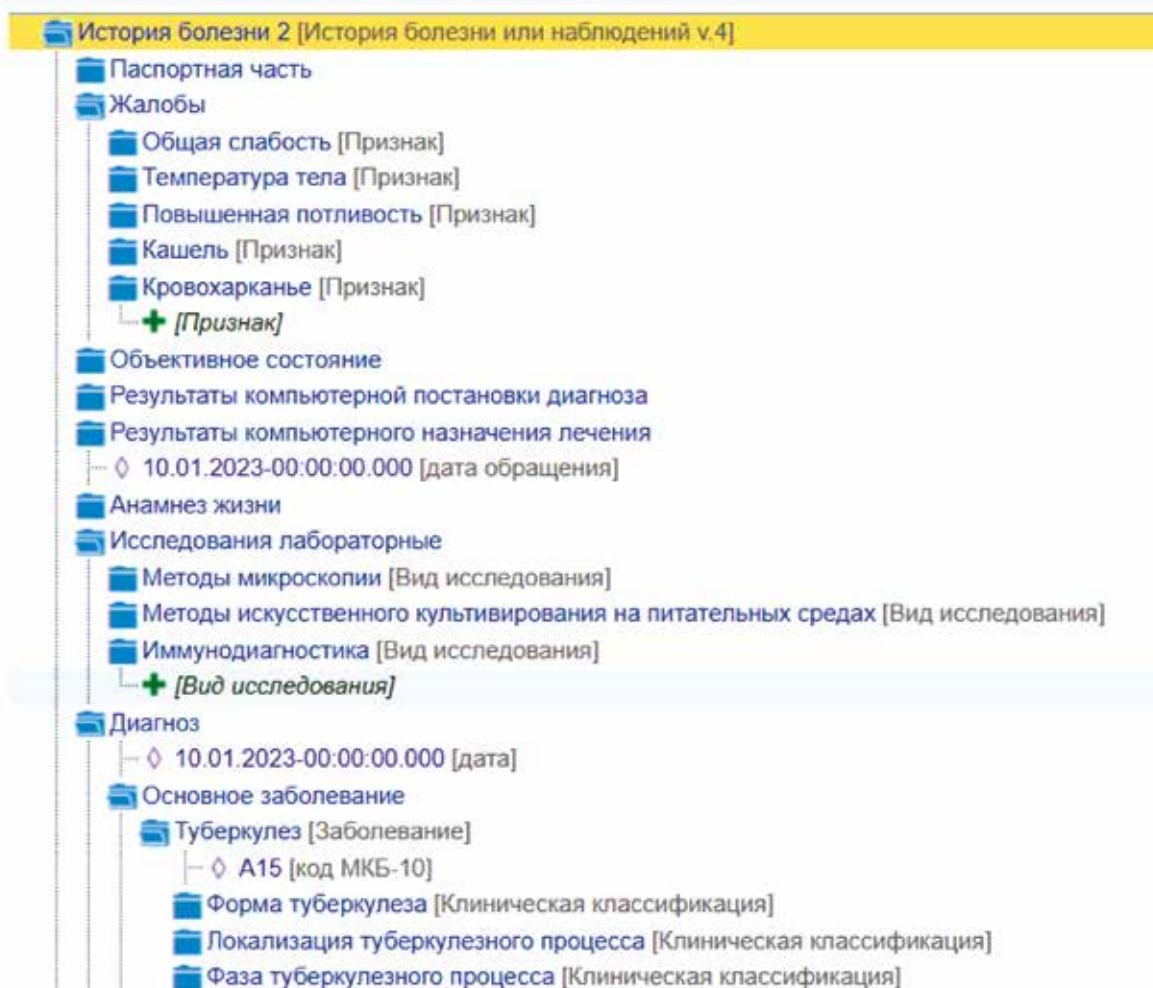


Рис. 5. Электронная карта пациента
Fig. 5. Electronic patient card

Обсуждение

Лечение туберкулеза легких находится в процессе разработки как новых подходов к проведению медикаментозной терапии, так и методик применения рационального использования лекарственных препаратов. Обработка огромного объема знаний подвластна только системам, способным понимать и анализировать эти знания. Формализм накопленных и вновь создаваемых знаний по своей сути и определит переход к высокотехнологичному здравоохранению, технологиям здоровьесбережения и цифровым производственным технологиям.

Предлагаемое нами решение идеально подходит для создания интеллектуальных систем, которые могут быть полезными помощниками врача. Такой подход упростит взаимодействие между центральными институтами и регионами, повысит оперативность и может быть использован в процессе обучения врачей в области фтизиатрии.

Разрабатываемая технология имеет потенциал стать самостоятельной медицинской системой для противотуберкулезной службы. Представленный опыт формирования базы знаний для выбора персонализированного

режима лечения больных туберкулезом легких и описание прототипа системы поддержки принятия врачебных решений сочетает онтолого-ориентированный подход для формализации медицинских знаний и создания программных решателей с облачными технологиями поддержки принятия медицинских решений. База знаний сформирована и сопровождается экспертами по фтизиатрии, допускается ее расширение и совершенствование в процессе эксплуатации без изменения алгоритмов и исходных кодов программных решателей. Такое решение создает комфортную работу экспертам медицинского профиля без привлечения специалистов IT-сферы.

Использование облачных технологий позволит обеспечить максимальную возможность для внедрения сервиса в различные медицинские учреждения. Важным свойством разработанного интеллектуального ассистента является генерация объяснений предлагаемых решений, используя общепринятую медицинскую терминологию. Способность прогнозировать и определять вероятности осложнений дает возможность осуществить раннее вмешательство и эффективное планирование лечения, а также, производя анализ данных о лекарственной

чувствительности и клинических характеристиках пациента, помочь в определении оптимальной комбинации препаратов и длительности терапии.

Закключение

Разработка базы знаний для выбора персонифицированного лечения больных туберкулезом легких и ее использование в интеллектуальных сервисах поддержки врачебных решений дает возможность специалисту по-

лучать обоснованные решения, реализовывать принципы персонализированной медицины, применять стандартизированные, контролируемые и научно обоснованные подходы к оптимизации использования материальных ресурсов при лечении туберкулеза в повседневной клинической практике. Туберкулез является инфекционным и социально значимым заболеванием, и эти подходы соответствуют современной стратегии развития науки и техники в Российской Федерации.

Литература / References

1. Васильева И.А., Белиловский Е.М., Борисов С.Е., Стерликов С.А. Туберкулез с множественной лекарственной устойчивостью возбудителя в странах мира и в Российской Федерации. *Туберкулез и болезни легких*. 2017;95(11):5–17. Vasilyeva I.A., Belilovsky E.M., Borisov S.E., Sterlikov S.A. Multi drug resistant tuberculosis in the countries of the outer world and in the Russian Federation. *Tuberculosis and Lung Diseases*. 2017;95(11):5–17. (In Russ.). DOI: 10.21292/2075-1230-2017-95-11-5-17.
2. Омарова А.Р., Ибрагимова С.И. Мультирезистентный туберкулез легких (литературный обзор). *Теория и практика современной науки*. 2018;32(2):453–456. Omarova A.R., Ibragimova S.I. Multidrug resistant lung tuberculosis (literature review). *Theory and practice of modern science*. 2018;32(2):453–456. (In Russ.). 11 стр.
3. Эльгали А.И., Асеев А.В., Рясенский Д.С., Гришкина Н.А. Отдаленные результаты лечения у больных лекарственно-резистентным туберкулезом легких при неэффективности предшествующей терапии. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2019;24(2):88–91. El'gali A.I., Aseev A.V., Rysenskiy D.S., Grishkina N.A. Long-term outcomes of treatment in patients with drug-resistant pulmonary tuberculosis and non-efficiency of previous therapy. *Epidemiology and infectious diseases*. 2019;24(2):88–91. (In Russ.). DOI: 10.18821/1560-9529-2019-24-2-88-91.
4. Дьяков А.В. Эффективность лечения больных туберкулезом с широкой лекарственной устойчивостью возбудителя, проживающих в сельской местности. *Вестник Центрального научно-исследовательского института туберкулеза*. 2021;(1):161–162. D'yakov A.V. Effectiveness of treatment of tuberculosis patients with broad drug-resistant pathogen living in rural areas. *Bulletin of the Central Research Institute of Tuberculosis*. 2021;1:161–162. (In Russ.). DOI: 10.7868/S2587667821050721.
5. Савинцева Е.В., Алиева А.Р., Иванова Л.М., Козлова Т.П., Битнева А.М. Медико-социальный портрет больных туберкулезом легких с лекарственной устойчивостью МБТ. *Форум молодых ученых*. 2019;32(4):922–928. Savinceva E.V., Alieva A.R., Ivanova L.M., Kozlova T.P., Bitneva A.M. Medico-social portrait of patients with pulmonary tuberculosis with drug resistance of MBT. *Forum of young scientists*. 2019;32(4):922–928. (In Russ.).
6. Комиссарова О.Г., Чумакова Е.С., Абдуллаев Р.Ю., Одинец В.С. Эффективность лечения впервые выявленных больных туберкулезом с МЛУ возбудителя при раннем определении лекарственной устойчивости МБТ к рифампицину. *Уральский медицинский журнал*. 2018;163(8):47–52. Komissarova O.G., Chumakova E.S., Abdullaev R.Yu., Odinez V.S. Efficacy of treatment of newly detected patients with MDR tuberculosis in early detection of drug resistance of m. tuberculosis to rifampicin. *Ural Medical Journal*. 2018;163(8):47–52. (In Russ.). DOI: 10.25694/URMJ.2018.05.50.
7. Лепшина С.М., Атаев О.В., Сердюк О.В., Юровская Е.И. Эффективность лечения больных мультирезистентным туберкулезом в зависимости от сроков выявления туберкулеза. *Вестник гигиены и эпидемиологии*. 2019;23(4):360–363. Lepshina S.M., Ataev O.V., Serdyuk O.V., Yurovskaya E.I. The influence of the timing of the detection of pathology on the effectiveness of treatment in patients with multidrug-resistant tuberculosis. *Bulletin of Hygiene and Epidemiology*. 2019;23(4):360–363. (In Russ.).
8. Арбузова Е.В., Джазыбекова П.М., Аденев М.М. Цифровые технологии в национальной туберкулезной программе республики Казахстан. *Фтизиопульмонология*. 2022;1:236–239. Arbuzova E.V., Dzhazybekova P.M., Adenov M.M. Digital technologies at Kazakhstan's national tb program. *Phthiopulmonology*. 2022;1:236–239. (In Russ.). DOI: 10.56834/26631504_2022_1_236.
9. Наркевич А.Н., Виноградов К.А., Гржибовский А.М. Интеллектуальные методы анализа данных в биомедицинских исследованиях: деревья классификации. *Экология человека*. 2021;3:54–64. Narkevich A.N., Vinogradov K.A., Grzhibovskij A.M. Intelligent data analysis in biomedical research: classification trees. *Human Ecology*. 2021;3:54–64. (In Russ.). DOI: 10.33396/HUMECO0354-64-47297.
10. Грибова В., Ковалев Р., Окун Д. A Specialized Shell for Intelligent Systems of Prescribing Medication. *Scientific and Technical Information Processing*. 2021; 48 (5):1–11. DOI: 10.3103/S0147688221050038.
11. Грибова В.В., Окунь Д.Б. Онтологии для формирования баз знаний и реализации лечебных мероприятий в медицинских интеллектуальных системах. *Информатика и системы управления*. 2018;57(3):71–80. Gribova V.V., Okun D.B. Ontologies for the formation of knowledge bases about disease treatment in medical intelligent systems. *Computer Science and Management systems*. 2018;57(3):71–80. (In Russ.). DOI: 10.22250/istu.2018.57.71–80.
12. Туберкулез у взрослых: Клинические рекомендации. Общероссийская общественная организация «Российское общество фтизиатров», Национальная ассоциация некоммерческих организаций фтизиатров «Ассоциация фтизиатров». Утверждены Министерством здравоохранения Российской Федерации. М.; 2022:45–48. Tuberculosis in adults – Russian Society of Phthisiologists, National association of non-profit organizations of phthisiatricians "Association of phthisiatricians". Moscow; 2022:45–48. (In Russ.).
13. Переволоцкий В.С., Грибова В.В. Подход к автоматическому формированию баз знаний на основе онтологий. Научный аспект. 2023;2(2):213–221. Perevolockij V.S., Gribova V.V. Approach to the automatic formation of knowledge bases based on ontologies. *The Scientific Aspect*. 2023;2(2):213–221. (In Russ.).
14. Бородулин Б.Е., Бородулина Е.А., Еременко Е.П. Амбулаторная фтизиатрия: учебное пособие. М.: КноРус; 2022:432. Borodulin B.E., Borodulina E.A., Eremenko E.P. *Outpatient phthisiology*. M.: KnoRus; 2022:432. (In Russ.).
15. Гайда А.И., Абрамченко А.В., Романова М.И., Тоичкина Т.В., Буркин В.С., Борисов С.Е. и др. Обоснование длительности химиотерапии больных туберкулезом с множественной и преширокой лекарственной устойчивостью возбудителя в Российской Федерации. *Туберкулез и болезни легких*. 2022;100(12):44–53. Gaida A.I., Abramchenko A.V., Romanova M.I., Toichkina T.V., Burykhin V.S., Borisov S.E. et al. Substantiation of the duration of chemotherapy for tuberculosis patients with multiple and broad drug resistance of the pathogen in the Russian Federation. *Tuberculosis and lung diseases*. 2022;100(12):44–53. (In Russ.). DOI: 10.21292/2075-1230-2022-100-12-44-53.
16. Рыжкова О.А., Стрельцова Е.Н. Структура лекарственной устойчивости *M. Tuberculosis* у впервые выявленных больных туберкулезом органов дыхания. *Вестник ЦНИИТ*. 2021;(3):54–60. Ryzhkova O.A., Strel'tsova E.N. Structure of *M. Tuberculosis* drug resistance in newly diagnosed patients with respiratory tuberculosis. *Bulletin of the Central Research Institute of Tuberculosis*. 2021;3:54–60. (In Russ.). DOI: 10.7868/S2587667821030067.
17. Грибова В., Москаленко Р., Тимченко В., Шалфеева Е. Intelligent services development technology using the IACPaaS cloud platform. In: Golenkov V., Krasnoprosin V., Golovko V., Shunkevich D. (eds.) Open semantic technologies for intelligent systems. OSTIS 2021. Communications in computer and information science. Springer, Cham. 2022;1625:19–38. (In Russ.). DOI: 10.1007/978-3-031-15882-7_2.
18. Грибова В.В., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Шалфеева Е.А. Платформа IACPaaS для разработки систем на основе онтологий: десятилетие использования. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2022;4:55–65. Gribova V.V., Moskalenko Ph.M., Timchenko V.A., Shalfeeva E.A. The IACPaaS Platform for Developing Systems Based on Ontologies: a De-

- cade of Use. *Artificial intelligence and decision making*. 2022;4:55–65. (In Russ.). DOI: 10.14357/20718594220406.
19. Грибова В.В., Окунь Д.Б., Шалфеева Е.А., Щеглов Б.О., Щелканов М.Ю. Облачный сервис для дифференциальной клинической диагностики острых респираторных вирусных инфекций (в том числе – связанных с особо опасными коронавирусами) методами искусственного интеллекта. *Якутский медицинский журнал*. 2020;2:44–47. Gribova V.V., Okun D.B., Shalfeeva E.A., Scheglov B.O., Shchelkanov M.Yu. Cloud service for the differential clinical diagnostics of acute respiratory viral diseases (including those associated with highly contagious coronaviruses) with an application of methods of artificial intelligence. *Yakut Medical Journal*. 2020;2:44–47. (In Russ.). DOI: 10.25789/YMJ.2020.70.13.
 20. Wong W., Liu W., Bennamoun M. Ontology learning from text: A look back and into the future. *ACM Comput. Surv.* 2012;44(4):1–36. (In Russ.). DOI: 10.1145/2333112.2333115.

Информация о вкладе авторов

Бородулина Е.А., Грибова В.В. предложили концепцию и дизайн исследования, разработали его протокол, сформулировали исследовательские цели и задачи.

Еременко Е.П., Бородулин Б.Е. проводили тестирование базы данных. Ковалев Р.И. анализировал и интерпретировал полученные результаты при заполнении базы данных.

Бородулина Е.А., Окунь Д.Б. написали исходную версию рукописи, а также вместе с Еременко Е.П. внесли вклад в доработку исходного варианта рукописи.

Вдоушкина Е.С., Амосова Е.А. анализировали литературные данные.

Information on author contributions

Borodulina E.A., Gribova V.V. developed study concept, design and its protocol, formulated research goals and objectives.

Eremenko E.P., Borodulin B.E. tested the database.

Kovalev R.I. analyzed and interpreted the results filling the database.

Borodulina E.A., Okun D.B. wrote the original version of the manuscript, and together with Eremenko E.P. contributed to the revision of the original version of the manuscript.

Vdoushkina E.S., Amosova E.A. analyzed the literary data.

Сведения об авторах

Бородулина Елена Александровна, д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой фтизиатрии и пульмонологии, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара, <http://orcid.org/0000-0002-3063-1538>.

E-mail: borodulinbe@yandex.ru.

Грибова Валерия Викторовна, д-р техн. наук, чл.-корр. РАН, заместитель директора по научной работе, ИАПУ ДВО РАН, Владивосток, <http://orcid.org/0000-0001-9393-351X>.

E-mail: gribova@iacp.dvo.ru.

Окунь Дмитрий Борисович, канд. мед. наук, научный сотрудник, отдел информационных технологий и математического моделирования, лаборатория интеллектуальных систем, ИАПУ ДВО РАН, Владивосток, <http://orcid.org/0000-0002-6300-846X>.

E-mail: okdm@dvo.ru.

Еременко Екатерина Павловна, канд. мед. наук, доцент, доцент кафедры фтизиатрии и пульмонологии, ФГБОУ ВО СамГМУ, Самара, <http://orcid.org/0000-0001-5909-4070>.

E-mail: eremenko.ep@mail.ru.

Бородулин Борис Евгеньевич, д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры фтизиатрии и пульмонологии, ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Самара, <http://orcid.org/0000-0002-8847-9831>.

E-mail: borodulinbe@yandex.ru.

Ковалев Роман Игоревич, научный сотрудник, отдел проблем управления, лаборатория информационно-аналитических и управляющих систем и технологий, ИАПУ ДВО РАН, Владивосток, <http://orcid.org/0000-0002-1704-2675>.

E-mail: koval-995@mail.ru.

Вдоушкина Елизавета Сергеевна, канд. мед. наук, доцент, кафедра фтизиатрии и пульмонологии, ФГБОУ ВО СамГМУ, Самара, <http://orcid.org/0000-0003-0039-6829>.

E-mail: chumanovaliza@mail.ru.

Амосова Евгения Андреевна, канд. мед. наук, доцент, кафедра фтизиатрии и пульмонологии, ФГБОУ ВО СамГМУ, Самара, <http://orcid.org/0000-0002-6209-663X>.

E-mail: amosova80@mail.ru.

Бородулина Елена Александровна, e-mail: borodulinbe@yandex.ru.

Information about the authors

Elena A. Borodulina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Phthysiology and Pulmonology, Samara State Medical University, Samara, <http://orcid.org/0000-0002-3063-1538>.

E-mail: borodulinbe@yandex.ru.

Valeria V. Gribova, Dr. Sci. (Techn.), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Scientific Work, Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, <http://orcid.org/0000-0001-9393-351X>.

E-mail: gribova@iacp.dvo.ru.

Dmitry B. Okun, Cand. Sci. (Med.), Research Scientist, Department of Information Technology and Mathematical Modeling, Laboratory of Intelligent Systems, Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, <http://orcid.org/0000-0002-6300-846X>.

E-mail: okdm@dvo.ru.

Ekaterina P. Eremenko, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Phthysiology and Pulmonology, Samara State Medical University, Samara, <http://orcid.org/0000-0001-5909-4070>.

E-mail: eremenko.ep@mail.ru.

Boris E. Borodulin, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Phthysiology and Pulmonology, Samara State Medical University, Samara, <http://orcid.org/0000-0002-8847-9831>.

E-mail: borodulinbe@yandex.ru.

Roman I. Kovalev, Research Scientist, Department of Management Problems, Laboratory of Information-Analytical and Control Systems and Technologies, Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, <http://orcid.org/0000-0002-1704-2675>.

E-mail: koval-995@mail.ru.

Elizaveta S. Vdoushkina, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Phthysiology and Pulmonology, Samara State Medical University, Samara, <http://orcid.org/0000-0003-0039-6829>.

E-mail: chumanovaliza@mail.ru.

Evgeniya A. Amosova, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Phthysiology and Pulmonology, Samara State Medical University, Samara, <http://orcid.org/0000-0002-6209-663X>.

E-mail: amosova80@mail.ru.

Elena A. Borodulina, e-mail: borodulinbe@yandex.ru.

Поступила 28.12.2023;
рецензия получена 06.03.2024;
принята к публикации 26.03.2024.

Received 28.12.2023;
review received 06.03.2024;
accepted for publication 26.03.2024.