



Модель поддержки врачебных решений в диагностике и реабилитации пациентов с ограничениями жизнедеятельности

Грибова В. В., Окунь Д. Б., Шалфеева Е. А.

ФГБУН «Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения РАН», Владивосток, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Целью реабилитации является максимальное восстановление утраченных функций, снижение инвалидности, возвращение пациента к активной жизни в обществе. Эффективность реабилитации зависит от комплексности, обоснованности, а также от индивидуального подхода к каждому пациенту.

Цель. Цель исследования — разработка онтологической модели знаний, интегрирующей экспертные методики и доказанные медицинские практики с клиническими рекомендациями для эффективной поддержки процесса реабилитации.

Методы. Применяется системный анализ разных источников знаний по реабилитации для выявления и упорядочения причинно-следственных отношений этой предметной области. Применяется онтологическое моделирование знаний, включающее семантическую структуру их представления и набор онтологических соглашений, определяющих принципы рассуждения при решении актуальных задач реабилитации. Онтологическое моделирование обеспечивает прозрачность, проверяемость и интерпретируемость знаний.

Результаты. Построена семантическая модель причинно-следственных отношений этой предметной области, охватывающая взаимосвязи наблюдений, диагностического профиля и восстановительных мероприятий. Эта модель учитывает совокупное влияние симптомов, факторов и оценок по стандартным шкалам на функционирование человека, связывает конкретные нарушения и их степень с элементами Международной классификации функционирования профиля, целями реабилитации и методами восстановления. Согласованный набор типов понятий и их связей, позволяет представлять структурно-вербально знания из источников двух типов — клинических рекомендаций и экспертных материалов.

Заключение. Новизна результатов с точки зрения развития методов построения и использования онтологических моделей заключается в разработке новой онтологической модели знаний, включающей семантическую структуру представления из наиболее достоверных источников, и автоматическую обработку в системах поддержки клинических решений. Предлагаемая онтологическая модель, интегрируемая с технологией IACPaas, образуют гибкий инструмент для объединения разнородных данных и подключения механизма объяснимого искусственного интеллекта, критически важного для медицинских приложений. Это позволяет создавать интеллектуальные сервисы, повышающие качество реабилитации за счёт стандартизации подходов, учёта лучших практик и индивидуализации процессов.

Ключевые слова: реабилитация; клинические рекомендации; доказательная медицина; клинические задачи; поддержка принятия врачебных решений; интерпретируемые базы знаний

Для цитирования: Грибова В. В., Окунь Д. Б., Шалфеева Е. А. Модель поддержки врачебных решений в диагностике и реабилитации пациентов с ограничениями жизнедеятельности. *Реальная клиническая практика: данные и доказательства*. 2025;5(4):81-96. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrwd-091>. EDN: ZSOAYM.

Поступила: 18.10.2025. В доработанном виде: 21.11.2025. Принята к печати: 05.12.2025. Опубликовано: 25.12.2025.

Medical decision support model for diagnosing and rehabilitating patients with disabilities

Valeriya V. Gribova, Dmitry B. Okun, Elena A. Shalfeeva

Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russian Federation

Abstract

Relevance. The goal of rehabilitation is to maximize the restoration of lost functions, reduce disability, and return the patient to an active life in society. The effectiveness of rehabilitation depends on the comprehensiveness, validity, and individualized approach to each patient.

Objective. Rehabilitation aims to maximize the restoration of lost functions, minimize disability, and help patients return to an active life in society.

Methods. System analysis of various sources of rehabilitation knowledge is used to identify and organize cause-and-effect relationships. Ontological knowledge modeling includes a semantic representation structure and a set of ontological agreements that define the reasoning principles when solving current rehabilitation problems. Ontological modeling ensures transparency, verifiability, and interpretability of knowledge.

Results. The semantic model of cause-and-effect relationships in this subject area was constructed, encompassing the interrelationships between observations, diagnostic profiles, and rehabilitation measures. This model considers the combined influence of symptoms, factors, and standard scale ratings on human functioning, linking specific impairments and their severity to elements of the ICF profile, rehabilitation goals, and recovery methods. A consistent set of concept types and their relationships enable the structural and verbal representation of knowledge from two types of sources — clinical guidelines and expert materials.

Conclusions. The novelty of these results in terms of developing methods for constructing and using ontological models lies in the development of a new ontological knowledge model that incorporates a semantic representation structure from the most reliable sources and automatic processing in clinical decision support systems. The proposed ontological model with IACPaaS technology forms a flexible tool for combining heterogeneous data and enabling explainable artificial intelligence, which is critical for medical applications. This allows for the development of intelligent services that enhance rehabilitation quality by standardizing approaches, incorporating best practices, and customizing processes.

Keywords: rehabilitation; clinical guidelines; evidence-based medicine; clinical tasks; support for medical decision-making; interpretable knowledge bases

For citation: Gribova VV, Okun DB, Shalfeeva EA. Medical decision support model for diagnosing and rehabilitating patients with disabilities. *Real-World Data & Evidence*. 2025;5(4):81-96. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrdw-091>. EDN: ZSOAYM.

Received: 18.10.2025. Revision received: 21.11.2025. Accepted: 05.12.2025. Published: 25.12.2025.

Введение / Introduction

Целью реабилитации является максимальное восстановление утраченных функций, снижение инвалидности, возвращение пациента к активной жизни в обществе. Эффективность реабилитации зависит от комплексности, обоснованности, а также от индивидуального подхода к каждому пациенту [1–3]. Важно ускорить и оптимизировать процесс возвращения пострадавших в общественную и профессиональную жизнь.

Источниками знаний по качественной, эффективной и безопасной медицинской помощи являются Клинические рекомендации (КлР) [4]. Это систематизированные руководства, основанные на доказательной медицине, которые помогают врачам принимать обоснованные решения при диагностике, лечении и реабилитации пациентов [5]. Они обеспечивают единый стандарт, при этом указывая варианты лечения для разных категорий больных. Однако применение текстов КлР в качестве базы знаний для систем поддержки принятия врачебных

решений (СППВР) в реабилитационной медицине сопряжено с рядом ограничений. Основная трудность заключается в том, что значительная часть представленной информации не имеет формата конкретных предписаний к действию и отличается обобщённым характером изложения методик. Примеры: «в течение периоперационного периода обязательно проведение медикаментозной анальгезии с учётом выраженности болевого синдрома»; «эндопротезирование тазобедренного сустава тотальное при нестабильном переломе ШБК (прим. авт.: шейки бедренной кости) рекомендуется проводить пациентам, которые могут передвигаться самостоятельно, при отсутствии выраженных нарушений когнитивных функций»; «обучение ходьбе после операции начинают в раннем и продолжают в позднем послеоперационном периоде» [2].

Известно, что на процесс восстановления и результат реабилитации влияет много факторов, среди которых — биологические (медицинские),

психологические и социальные аспекты, а также внешние условия. Они определяют реабилитационный потенциал пациента [6]. Его оценка позволяет спрогнозировать эффективность лечебных мероприятий и разработать индивидуальную программу восстановления.

Клинические рекомендации описывают эффективные и наиболее безопасные методы лечения, но в теории и на практике исследователи продолжают искать закономерности выбора средств реабилитации на прогресс выздоровления. Не все комбинации функциональных, когнитивных, социальных, психологических влияющих факторов ещё изучены. Не раскрыт потенциал учёта фоновых факторов пациента, истории реабилитаций самого пациента или его семьи. К тому же методы осмотра, опроса, выяснения обстоятельств жизни не полностью объективны (даже оценка состояния реабилитанта с помощью «объективных» шкалированных тестов разными специалистами может быть выполнена по-разному).

Накапливаемый успешный опыт разных учреждений дополняет выверенные стандарты и позволяет реализовать индивидуальный подход. Но этот опыт слабо интегрируем и распространяем. Отдельные исследователи выявляют закономерности, например, по накапливаемым датасетам [7, 8]. Информативные датасеты обычно сложно устроены (содержат многие десятки показателей пациента и происходящего процесса, включая динамические показатели) и «требуют» нетривиальных «сочетаний» статистических методов. Отдельной проблемой является сам факт наличия структурированных репрезентативных датасетов.

Поэтому для эффективной диагностики, прогнозирования и планирования реабилитационных мероприятий необходимо применение комбинированных методов поддержки принятия решений и технологий искусственного интеллекта.

Какие возможности предоставляют виртуальные консилиумы, СППВР и системы с базами знаний в данном контексте?

1. Мультидисциплинарная диагностика нарушений — обеспечение точного выявления у реабилитанта патологий и функциональных отклонений, требующих коррекции, за счёт интеграции данных из различных медицинских областей. Ключевая задача — достижение баланса между гибкостью описания клинического состояния и стандартизацией нозологических понятий при анализе множества симптомов и факторов.
2. Персонализированное сопоставление состояния пациента с реабилитационными

целями — установление взаимосвязей между объективными оценками здоровья, индивидуальными запросами пациента, особенностями его соматического и психологического статуса (в посттравматическом, послеоперационном периоде или после перенесённого инсульта/инфаркта) и потенциальными возможностями восстановления.

3. Формирование индивидуального реабилитационного плана — разработка стратегии реабилитации на основе КЛР, доказанных корреляций между задачами восстановления и применяемыми методами, а также с учётом экспертного опыта и эмпирических данных.

Цель исследования — разработка концептуальной (онтологической) модели знаний по реабилитации, интегрирующей экспертные методики и доказанные медицинские практики с клиническими рекомендациями для эффективной поддержки принятия врачебных решений. Знания в такой форме являются прозрачной и интерпретируемой основой объяснимых систем поддержки клинических решений.

Постановка задач / Tasks statement

Реабилитологи в своей деятельности решают несколько задач на основе знаний — задачу анализа (поиск гипотезы о точном диагнозе) и синтеза (конструирование плана лечения и/или восстановления), «скрепляемые» прогнозированием улучшений при применении плана.

Введём определения и обозначения:

$Disbl = \{disbl_1, disbl_2, \dots, disbl_n\}$ — множество всех возможных нарушений функций жизнедеятельности. Каждый элемент $disbl_i$ — это структурированная запись: $\langle disblName, disblValue \rangle$, где $disblName$ — код из Международной классификации функционирования¹ (МКФ) (например, b280 "Ощущение боли", d450 "Ходьба"), $disblValue$ — степень нарушения по шкале МКФ (например, 1 — лёгкая, 2 — умеренная, 3 — тяжёлая, 4 — абсолютная).

$ICF-Profile \subseteq Disbl$ — МКФ-профиль пациента. Это подмножество нарушений $Disbl$, актуальных для конкретного пациента, с указанием их степени. Это и есть расширенный диагноз, описывающий не болезнь (по классификации МКФ²), а её последствия для функционирования (например, $ICF-Profile = \{\langle b280, 3 \rangle, \langle d450, 4 \rangle, \langle d455, 4 \rangle\}$ — тяжёлая боль, абсолютные нарушения в ходьбе и передвижении вне дома).

$Prop = \{prop_1, prop_2, \dots, prop_p\}$ — множество особенностей организма из анамнеза, которые влияют

¹ МКФ — Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья. <https://ergotherapy.ru/wp-content/uploads/2017/05/Mezhdunarodnaya-klassifikatsiya.pdf>

² Международная классификация болезней. <https://mkb-10.com/>

на достижение целей (например, сопутствующие заболевания, перенесенные травмы и операции).

$Aim = \{aim_1, aim_2, \dots, aim_m\}$ — множество целей реабилитации. Каждая цель — это изменение МКФ-профиля, т. е. изменение значения одного или нескольких $disblValue$ к определённом сроку (например, $\langle b280, 3 \rightarrow 2 \rangle$ (уменьшить боль с тяжёлой до умеренной); $\langle d450, 4 \rightarrow 2 \rangle$ (улучшить функцию ходьбы до возможности пройти 100 м).

$Event = \{event_1, event_2, \dots, event_v\}$ — множество планируемых мероприятий (вмешательств), направленных на достижение целей (например, курс фармакотерапии: подбор и прием обезболивающих препаратов по схеме, курс физиотерапевтического лечения: лазеротерапия на область сустава).

$SignifDisbl = \{d_1, d_2, \dots, d_u\}$ — множество высокоприоритетных для коррекции нарушений (в реабилитации часто невозможно корректировать одновременно все нарушения в силу их большого количества или особенностей пациента, поэтому выбираются наиболее значимые, приоритетные для коррекции), $SignifDisbl \subseteq Disbl$.

$SignifAim = \{aim_1, aim_2, \dots, aim_p\}$ — множество приоритетных целей (желаемых состояний), связанных с устранением нарушений, $SignifAim \subseteq Aim$

$Req = \{q_1, q_2, \dots, q_k\}$ — множество возможных запросов от пациента на восстановление («Хочу, чтобы рука поднималась»).

$Cmpl = \{c_1, c_2, \dots, c_l\}$ — множество всех возможных жалоб пациента (например, шум в ушах, помутнение зрения).

$Obs = \{o_1, o_2, \dots, o_g\}$ — множество объективных данных осмотра (например, частота сердечных сокращений, давление).

$Tests = \{t_1, t_2, \dots\}$ — множество инструментальных и лабораторных исследований (например, биохимические показатели крови, рентген плечевого сустава).

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_w\}$ — множество всех возможных фактов о пациенте.

Специфика реабилитации пациентов с ограничениями жизнедеятельности может быть рассмотрена через комплекс детализированных задач:

(1) поиск гипотезы об отдельно взятом нарушении функции жизнедеятельности — $disbl$ (каждый из них — часть полного и точного диагноза: $disbl_i \in ICF\text{-Profile}$),

(2) анализ восстановимости утраченных функций $\{disbl_j\}$ как выбор приоритетных целей — $\{aim_j\}$,

(3) выбор мероприятия $event_j$ как метода и/или средства восстановления функции ($disbl_j$).

В связи с ожидаемым множеством нарушений и множеством мероприятий, предлагаемым в план реабилитации, неизбежно добавляется задача (4) проверки совместимости множества методов

восстановления $\{event_j\}$, в т.ч. совместимости с состоянием реабилитанта $\{prop_i\}$. В зависимости от результата проверки потребуется задача (5) коррекции плана (например, в выстраивании мероприятий в виде последовательности).

Поиск гипотезы о нарушении функции жизнедеятельности сводится к задаче классификации или распознавания по признакам.

Дано:

Собранные факты о пациенте $R = \{r_1, \dots, r_N\}$,

база знаний о взаимосвязях нарушений функционирования с наблюдаемыми фактами $KnB^I = \{\langle disbl_i, \{r_{ij}\} \rangle\}$. каждый класс $disbl_i$ состоит из названия нарушения и его степени $\langle disblName, disblValue \rangle$.

Найти:

Множество гипотез о нарушении функции жизнедеятельности $\{disbl_m\text{-hyp}\}$, для каждого из которых существует истинное утверждение $\langle disbl_m\text{-hyp}, \{r_{mk}\} \rangle$ и $\{r_{mk}\} \subset \{r_1, \dots, r_N\}$.

Примечание. В некоторой конкретной системе поддержки принятия врачебных решений (СППВР) может быть реализована идея проводить не полную диагностику нарушений, а диагностику тех нарушений, которые относятся к специализации учреждения, или только социально-значимым нарушениям. В этом случае объём знаний в базе знаний (БЗ) может быть ограничен.

Расширением данной задачи является анализ приоритетности восстановления некоторой утраченной функции, которая также сводится к задаче критики гипотезы. В ней требуется проверить соответствие заданной гипотезы о нарушении — принадлежности классу высокоприоритетных нарушений для коррекции, на преодоление которых будут предприняты меры в первую очередь.

Обозначим через $fc^i \in Cmpl \cup Req$ — фактор для выбора цели (на него влияют запрос или жалоба).

Дано:

$disbl\text{-hyp}$,
 $\{r_k\} \in Cmpl \cup Req$,
 $SignifDisbl$,
 $SignifAim$,
 $KnB^{II} = \{\langle disbl_j, \{fc_{ij}^I\}, aim_j \rangle\}$.

Найти:

в KnB^{II} предложение $\langle disbl\text{-hyp}, \{fc_{ij}^I\}, aim_j \rangle$, в котором либо $\{fc_{ij}^I\}$ непусто и имеется $r_k \in \{fc_{ij}^I\}$ либо $aim_j \in SignifAim$ или $disbl\text{-hyp} \in SignifDisbl$ (иначе указать, что нет «такого окружения» для $disbl\text{-hyp}$).

В некоторых случаях формируют знания в KnB^{II} не для одного нарушения $disbl_i$, а для некоторой распространённой «модели больного», описанной через $\{disbl_i\}$. В таких случаях могут быть явно указаны знания, имеющие отношение

к прогнозированию. В неявном виде знания для задач Анализ приоритетности восстановления утраченной функции и Выбор метода и средств восстановления содержатся в закономерностях для прогнозирования исхода реабилитации (показывающих, что рекомендуемые способы реабилитации приводят к обозначенным целям).

Выбор мероприятия сводится к задаче планирования управления, где требуется, зная отклонение признака от нормы и целевые значения признака, определить такие воздействия, при которых признак как функция времени перейдет к целевому значению. Воздействие здесь — восстановительное мероприятие или метод и средства восстановления (с уточнением времени проведения и/или режим).

Дано:

Факты о пациенте $\{r_1, \dots, r_N\}$,
 $\text{disbl}_i = \langle \text{disblName}_i, \text{disblValue}_i \rangle \in \text{ICF-Profile}$,
 Aim_j (в частности, как диапазон целевых значений признака — disblValueRange_j),
 $\text{KnB}^{\text{III}} = \{ \langle [\text{disbl}_i, \text{aim}_j, \{ \text{event}_k, \text{time}_{ki} \}] \rangle \}$.

Найти:

event_k и требуемое время time_{ki} , после которого $\text{disbl}_i = \langle \text{disblName}_i, \text{disblValue}_k \rangle, \text{disblValue}_k \in \text{disblValueRange}_i$.

Здесь *мероприятие* event_k — составная сущность, содержащая не только название мероприятия (или тип/вид мероприятия), но и необходимые средства, правила или процедуру проведения и временной аспект: $\langle (\text{eventType}_k | \text{eventName}_k), \text{eventInstr}_{ki}, \text{eventProc}_{ik}, \text{time}_{ki} \rangle$ (тип, название проводимого мероприятия, инструкция по его выполнению, например, разовая и суточная дозировки, форма — таблетки, капли, инъекция, мощность, место воздействия и др., длительность мероприятия).

Примечание. Некоторые медицинские школы аккурратно связывают цели с задачами реабилитации, для выполнения которых существуют методы, другие школы подходят формально к назначению задач или упрощенно к назначению целей. Поэтому сознательно введем упрощение в статье как единое для них в обозначение — aim . (В наших базах KnB^{III} тем не менее цели связаны с задачами реабилитации).

Обозначим фактор выбора лечения $\text{fc}^{\text{II}} \in \text{Obs} \cup \text{Tests} \cup \text{Prop}$ (т.е. результаты обследования или тесты и факты анамнеза: состояние или стадия развития заболевания, влияющие на выбор лечения).

На практике задача *выбора метода и средств восстановления* может решаться с учётом индивидуальности, т.е. одно или несколько выбираемых event_k , подвергаются проверке: нет ли для event_k предложения-противопоказания $\langle \text{event}_k, \{ \text{fc}_{km}^{\text{II}} \} \rangle$ в KnB^{IV} , такого, что противопоказание $\text{fc}_{km}^{\text{II}} \in R$.

В теории могут быть сначала найдены все $\{ \text{event}_k \}$, а потом приведены в соответствие индивидуально с помощью *Задачи коррекции плана*.

Задача критики и коррекции плана восстановления

Дано:

план = $\{ \text{event}_k | \langle (\text{eventType}_k | \text{eventName}_k), \text{eventInstr}_{ki}, \text{eventProc}_{ik}, \text{time}_{ki} \rangle \}$,

$R, \{ \text{fc}_{km}^{\text{II}} \} \in R$,

$\text{KnB}^{\text{IV}} (\{ \langle \text{event}_k, \{ \text{fc}_{km}^{\text{II}} \} \rangle \}$ плюс условия на количество и совместимость $\{ \text{event}_k \}$ в одном плане,

KnB^{V} (знания о частичном порядке предшествования мероприятий).

Найти:

превышение $\sum (\text{time}_{ki})$ — количества минут/часов для

$\{ \langle (\text{eventType}_k | \text{eventName}_k), \text{eventInstr}_{ki}, \text{eventProc}_{ik}, \text{time}_{ki} \rangle \}$, проецируемых на 1й день, и предложить их подмножество из k' штук, $k' < k$, на 1й день,

остальные добавить на даты после завершения eventProc_{ik} (с учётом KnB^{V} — знаний предшествования мероприятий или индивидуальных приоритетов).

В зависимости от оснащённости учреждения наиболее практически полезными могут быть либо планы, рекомендуемые общий метод, либо планы, рекомендуемые не только метод или тип аппарата ($\text{aim}_j, \text{eventType}_k, \text{eventInstr}_{ki}$), но и конкретное наименование и способ, и частоту выполнения упражнений ($\langle \text{aim}_j, \text{eventType}_k, \text{eventInstr}_{ki}, \text{eventProc}_{ik}, \text{time}_{ki} \rangle$).

Проблематика комплексности, обоснованности и индивидуального подхода в реабилитации может быть сведена к совмещению двух задач выбора (генерации) стандартного плана мероприятий и конструированию индивидуального плана.

Материалы / Materials

1. (О МКФ-профиле). На восстановление влияют, прежде всего, количество и степень полученных повреждений, нарушений функционирования и ограничений жизнедеятельности. Их перечень принято фиксировать в виде МКФ-профиля. МКФ — рекомендованная ВОЗ классификация функций, деятельности и среды окружения.

МКФ учитывает изменения в состоянии здоровья по факту на момент осмотра пациента (без учёта причин). МКФ делает прозрачным процесс реабилитации и позволяет говорить на одном языке специалистам по реабилитации (логопед, эрготерапевт, психолог, физический терапевт, геронтолог и др.), которые имеют разное базовое образование и разную профессиональную терминологию [3]. Любой специалист в команде, открыв историю болезни (ИБ), сразу видит, какие проблемы есть у пациента.

Некоторые документы перечисляют домены МКФ, которые наиболее часто задействованы для

описания состояния пациента с рассматриваемым диагнозом по МКБ-10, и описывают их суть [9].

В методичках [10] и других документах существуют знания о связи выявляемых аспектов состояния пациента с отдельными значениями-кодами функций по МКФ $\langle \text{disbl}_i, \{r_{ki}\} \rangle$. Эти знания должны составлять наиболее значимую часть базы КнВ^I, которая позволяет находить $\{\text{disabilm-hyp}\}$ путём логического рассуждения в рамках задачи Поиск гипотезы о нарушении функции жизнедеятельности.

МКФ помогает взаимодействовать специалистам по реабилитации. Каждый из них описывает осмотр пациента по своей специальности и в дальнейшем это описание может быть структурировано, использовано при маршрутизации пациента на дальнейшие этапы.

2. (О применении и влиянии шкал). Процесс формирования МКФ-профиля $\{\text{disbl}_i\}$ считается более объективным, если основан на опросах и тестах ($\text{Tests} \subset R$), результаты которых выражены в баллах. Методы объективной оценки состояния реабилитанта накоплены в достаточном количестве. Некоторые, с наиболее подтвержденной достоверностью приведены в клинических рекомендациях. Другие — являются рабочим «инструментом» конкретных реабилитологов, команд и отделений. Многие опросно-тестовые «инструменты» доступны в виде онлайн калькуляторов или в виде общедоступных методичек. Часто упоминаются визуально-аналоговая шкала интенсивности боли (ВАШ), шкала Каприни (Carpini), шкала Лекена, Госпитальная шкала тревоги и депрессии (HADS; Hospital Anxiety and Depression Scale, Шкала «Возраст не помеха»; Шкала Морсе для оценки риска падений, индекс Бартелл, Индекс Лоутона, Тест «Мини — Ког», Краткая шкала оценки психического статуса MMSE, Гериатрическая шкала депрессии, Шкала Ватерлоу и др.

База знаний КнВ^I наполняется связями типа $\langle \text{disbl}_i, \{r_{ij}\} \rangle$, где $\{r_{ij}\} \subset \text{Tests}$, или даже типа $\langle \text{disbl}_i, \text{test}_i \rangle$ (например, <Организация повседневного распорядка d2301 (например, МКФ-код d2301.23), {Шкала реабилитационной маршрутизации (ШРМ) (например, Балл = 3)} >), $\{r_{ij}\} \subset \text{Obs} \cup \text{Tests}$ (например, <Функции артикуляции b320 (например, МКФ-код b320.3), {Нечеткость речи = «нарушение четкости произношения звуков, артикуляции», Шкала Вассермана. Произношение речевых звуков (например, Баллы 1–2), Шкала оценки дизартрии (например, 41–55), Шкала оценки дисфагии MASA. Дизартрия (например, Баллы 2–4), Шкала тяжести инсульта Национального Института здоровья (NIHSS). Дизартрия (например, Баллы 1–2) [минимальное количество элементов = 4]} >), $\{r_{ij}\} \subset \text{Cmpl} \cup \text{Obs} \cup \text{Tests}$ (например, Утомляемость

b4552 (например, МКФ-код b4552.3), {жалоба на «повышенная утомляемость» и/или «невозможность передвижения более чем на метр без отдыха», Модифицированная шкала Рэнкин (например, Балл = 4)} >). В базе знаний КнВ^I могут (особенно, по требованию экспертов конкретных медицинских профилей) преобладать $\langle \text{disbl}_i, \{r_{ij}\} \rangle$, где $\{r_{ij}\} \subset \text{Tests}$ по сравнению с $\{r_{ij}\} \subset \text{Obs} \cup \text{Tests}$; ещё реже встречаются такие определения (связи), где $\{r_{ij}\} \subset \text{Cmpl} \cup \text{Obs} \cup \text{Tests}$.

Помимо применения для МКФ-диагностики ($\langle \text{disbl}_i, \{\text{test}_{ij}\} \rangle$, $\langle \text{disbl}_i, \text{test}_i \rangle$) опросно-тестовые «инструменты» применяются для более широкого спектра диагностико-прогностических решений:

— есть связи шкал с задачами или целями реабилитации ($\langle \text{test}_i, [\{fc_{ij}^I\},] \text{aim}_j \rangle$),

— в том числе, учитывающих предпочтения самого пациента и членов его семьи ($\langle \text{test}_i \cup \{fc_{ij}^I\}, [\text{aim}_j] \rangle$),

— есть — с лечебными мероприятиями/методами ($\langle \text{test}_i, \text{aim}_{ji}, \text{event}_{kj} \rangle$),

— есть — с дополнительными диагностическими методами ($\langle \text{test}_i, \text{diagEvent}_{kj}, \text{aim}_{ji} \rangle$),

— есть — с прогнозами или рисками и соответствующей профилактикой ($\langle \text{test}_i, \text{risk}_{ji}, \text{event}_{kj} \rangle$),

— есть — с оценками результатов реабилитации ($\langle \text{event}_k(t-1), \text{test}_i(t), \text{forecastORprediction}(t+1) \rangle$).

Примеры:

< («шкала Возраст не помеха»; 3–7 баллов), консультация у узких специалистов для плана коррекции выявленных гериатрических синдромов» («выявление гериатрических синдромов (нарушения зрения и/или слуха, недержание мочи и т.д.) по шкале «Возраст не помеха», чтобы ... проводить коррекцию выявленных гериатрических синдромов (пациент направляется на консультацию к врачам-специалистам))»),

< («Комплексная гериатрическая оценка», уровень), разработка плана восстановления приоритетных утраченных функций» («КГО — многомерный диагностический процесс, включающий оценку физического и психоэмоционального статуса, функциональных возможностей и социальных проблем пожилого человека (уточнить ожидания и предпочтения самого пациента и членов его семьи), с целью разработки плана лечения и наблюдения, направленного на восстановление или поддержание уровня его функциональной активности»)),

< («визуально-аналоговая шкала»; 7–10 баллов), планирование анальгезии с учётом выраженности болевого синдрома» («травмагенный болевой синдром — принципиально важный симптом, требующий медикаментозной анальгезии, часто неотложной. Её планируют с учётом выраженности болевого синдрома, а для измерения интенсивности предназначена визуально-аналоговая шкала») [2];

< («шкала Каприни», 12 баллов), доплерография сосудов, предотвращение тромбоэмболических осложнений> («ультразвуковая доплерография сосудов (артерий и вен) нижней конечности рекомендуется выполнить обязательно при поступлении: если 12 баллов по шкале Каприни (Caprini), для предотвращения тромбоэмболических осложнений») [2]; < («комплексная гериатрическая оценка; высоко вероятная старческая астения, комплекс лабораторных и инструментальных исследований, диагностика состояний, потенциально влияющих на течение старческой астении> («Всем пациентам с высоко вероятной старческой астенией при выполнении комплексной гериатрической оценки рекомендовано проведение комплекса лабораторных и инструментальных исследований с целью диагностики состояний, потенциально влияющих на течение старческой астении и/или имеющих сходные с ней клинические проявления»);

< (HADS, 8–21 баллов), риск депрессии, консультация психотерапевта/психиатра для назначения психофармакотерапии> «рекомендуется оценивать психосоциальные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний, в т. ч. тревожные и депрессивные состояния с помощью стандартизированных опросников (рекомендуется использовать шкалу HADS). При выявлении клинически значимых нарушений рекомендована консультация клинического психолога/психотерапевта/психиатра, при необходимости — назначение психофармакотерапии» [11],

<формирование навыков ходьбы с помощью костылей, (Шкала оценки динамики активности в повседневной жизни Лекена, оценка динамики передвижения), возможность перевода на следующий этап реабилитации> («оценка по шкале Лекена, чтобы убедиться, что получены минимальные навыки ходьбы с помощью костылей и возможен перевод на 2 этап»).

3. (О связи оценки состояния с целями и мероприятиями). В нормативных документах (КлР) и методических материалах (для разных состояний, заболеваний или проведенных операций) определены знания по типам связей и зависимостей, характерных для КнВ^I — КнВ^V.

В КлР есть разделение на разделы, в некоторых из них клинические материалы представлены с внутренней структуризацией (и с оценкой убедительности и уровнем достоверности доказательств). Раздел «Медицинская реабилитация» содержит тезис-рекомендации (Т-Р) по проведению мероприятий. Однако большая часть тезис-рекомендаций либо НЕ заполняет всю схему, либо заполняет на недостаточном уровне абстракции (нет конкретики).

Например, утверждение «Силовые тренировки рекомендованы пациентам с возможностью выполнения произвольного движения, в остром, раннем

и позднем восстановительном периодах инсульта, одной из целей реабилитации которых является увеличение силы тренируемой группы мышц (УУР А, УДД — 1а)» наполнит КнВ^{III} по схеме $\{disbl_i, fc_{ij}^I, aim_j, event_k\}$, а именно:

$disbl_i$ = выполнение произвольного движения = возможно,

aim_j = увеличение силы тренируемой группы мышц,

$event_k$ = Силовые тренировки.

Но в ней нет конкретики, особенно по $event_k$. (Примечание: «в остром, раннем и позднем восстановительном периодах инсульта» может быть отнесено к категории пациентов или к временному аспекту мероприятия ($event_k$) или даже к уточнению цели (aim_j). (Ещё меньше конкретики в Т-Р вида «Проведение ЛФК-комплекса рекомендовано пациентам с постинсультными двигательными нарушениями в любом реабилитационном периоде».)

Т-Р «Всем пациентам с подозрением на ППОБК (прим. авт: перелом проксимального отдела бедренной кости) с целью формирования диагноза рекомендуется выполнение обзорной рентгенографии таза, рентгенографии проксимального отдела БК и тазобедренного сустава на стороне повреждения в прямой и аксиальной проекциях» наполняет КнВ^{III} по той же схеме:

fc_i^{II} = подозрение на ППОБК,

aim_j = формирование диагноза,

$diagEvent_j$ = обзорная рентгенография таза, проксимального отдела БК и тазобедренного сустава на стороне повреждения в прямой и аксиальной проекциях.

А многие описания с достаточной конкретикой (пример: «С первого дня после операции больному назначают дыхательные упражнения, активные упражнения для суставов здоровой ноги, изометрические упражнения для мышц оперированной конечности. Возможно использование аппарата для роботизированной механотерапии нижних конечностей с постепенным увеличением угла сгибания для оперированной ноги» не заполняет схему всеми связанными элементами, подразумевая, что причины такого назначения описаны где-то в предыдущих абзацах.

Что касается накопленного опыта (от экспертов и практикующих врачей), он часто выражается достаточно полными и конкретными связями.

Так, например, связки $\{disbl_i\}$ = (перемещение = «на ходунках», в пределах палаты;

Шкала оценки риска падений Морсе от 85 до 90; определитель для Функции стереотипа походки $b770 > 1$,

определитель для Ходьба на короткие расстояния $d4500 > 1$),

aim = (Цель: восстановление функции опоры, передвижения) >;

< {disbl₁} = (определитель для Стабильность нескольких суставов b7151 >1,

определитель для Подвижность нескольких суставов b7101 >1,

aim₂ = (Задачи:

Сохранение и увеличение объёма и подвижности суставов

Улучшение и укрепление околосуставных мышц, увеличение их выносливости) >;

< {disbl₁} = (Динамометрия слева = 5;

Динамометрия справа = 5;

функциональная активность (по индексу Бартелла) = «Снижение базовой функциональной активности»;

Индекс Лоутона = 4,

aim₂ = (Задача: Повышение физической активности)

являются кандидатами на добавление в КнВ^{II}.

Связки <disbl₁ = диагноз по МКФ: s75001.2.8.3,

aim₂ = восстановление двигательной функции и укрепление мышц,

event_k = «Комплекс ЛГ после эндопротезирования тазобедренного сустава»>

и <disbl₁ = диагноз по МКФ: s75001.2.8.3,

aim₂ = увеличение амплитуды движения в тазобедренном суставе оперированной ноги,

event_k = «Пассивная механотерапия для увеличения амплитуды движения в тазобедренном суставе»>

являются кандидатами на добавление в КнВ^{III} (для пациентов после операции «Гемиартропластика тазобедренного сустава»).

Связки: <aim = Сохранение и увеличение объёма и подвижности суставов, Улучшение и укрепление околосуставных мышц, увеличение их выносливости,

event = Курс активно-пассивной механотерапии верхних и нижних конечностей>,

<aim = восстановление функции опоры, передвижения

event = Ходьба с ходунками с дозированной опорой на прооперированную конечность, с постепенным увеличением расстояния>,

<aim = Повышение физической активности

event = Лечебная физкультура (ЛФК) с использованием тренажеров, в пределах палаты под контролем инструктора ЛФК>

являются кандидатами на добавление в КнВ^{III}.

Связка < {disbl₁} = («состояние психоэмоционального напряжения». «тревожные состояния» = периодически; HADS >5; определители для (Адекватность эмоций b1520, Регуляция эмоций b1521, Диапазон эмоций b1522) > 0; Критика к своему состоянию = снижена);

aim = Устранение психологических проблем, связанных с болезнью;

event = поддерживающая психотерапия>

является кандидатом на добавление в КнВ^{III}.

Меньше всего закономерностей в явном виде прописано для прогнозирования. КлР такие утверждения не приводят как Т-Р на доказательной основе, обычно они имеют такую форму: «...у 40% пациентов после инсульта парез верхней конечности сохраняется пожизненно», «переломы ШБК с неполным варусным и/или полным смещением с разобщением отломков имеют неблагоприятный прогноз сращения, особенно у пациентов старше 60 лет», «включенные переломы ШБК с вальгусным смещением и переломы без смещения отломков характеризуются благоприятным прогнозом консолидации отломков; из-за высокого (31%) риска вторичных смещений рекомендуется применение активной хирургической тактики с остеосинтезом костных фрагментов» ИЛИ «вальгусные или включенные переломы без смещения благоприятны с точки зрения прогноза консолидации перелома при определении тактики хирургического лечения «остеосинтез») [2].

Чаще информацию прогнозирующего содержания можно увидеть при обобщении датасетов. В них можно обнаружить более конкретные связи:

< {disbl₁} = (ШРМ = 4 балла, Степень тяжести состояния пациента = Удовлетворительное, понимание логических связей = имеется, выделение существенных признаков предметов и явлений = имеется, адаптированность к социальным нормам и правилам поведения в обществе = имеется, организация досуга = досуг однообразен);

aim = Улучшение психоэмоционального состояния;

event₁ = Посещение психотерапевтических групп;

event₂ = Пролонгированный курс психотерапии, Реабилитационный прогноз — относительно благоприятный (+ Реабилитационный потенциал — средний) >

является кандидатом на добавление в базу с прогнозной информацией.

Таким образом, диагностико-прогностические связи оценочных шкал с задачами и методами и результатами реабилитации различны и важны для применения. Модель знаний, лежащих в основе рассуждений и решений, должна охватывать все такие виды связей. Для полноты информации (знаний) целесообразно применять и КлР, и методики, и правила, и «порядки» оказания помощи, а также современные статьи с приведенными доказательствами.

При этом при выборе КлР как источника знаний рассчитываем на то, что Раздел «Лечение» и Раздел

«Медицинская реабилитация» пишется с учётом «Шаблона клинических рекомендаций» от Центра экспертизы и контроля качества медицинской помощи Минздрава России, в котором формат кратких Т-Р имеет часть «Что назначают», «кому» и «зачем». (Часть «кому» может содержать название болезни или проведенное вмешательство, период или стадию развития; часть «кому» и часть «зачем» бывает связана с оценкой состояния и для этого может быть выражена через критерии-наблюдения).

Методы / Methods

Для достижения цели исследования предлагается онтологический подход и технология IACPaaS³ с богатым опытом их применения [12].

Процесс достижения цели предлагается производить через следующие задачи-этапы:

а) установить согласованный набор типов понятий и их связей, существующих в области реабилитации (после травмы и операции) и позволяющих выражать структурно-вербально (с перспективой перевода в машинно-интерпретируемые «графы знаний») знания разных типов (КнВ^I — КнВ^V) из разных (по форме) источников знаний;

б) установить согласованный набор терминов для наблюдений и назначений (с синонимией и иерархией общее-частное); иерархия общее-частное должна позволять соотносить «конкретные» назначения (для пациента в ИБ или в современных методиках) и более абстрактные назначения в нормативном документе (часто — абстрактные) или пациенту (в ИБ), например, на усмотрение персонала;

в) установить правила-соглашения по применению знаний (и терминов) разных типов (для важных, перспективных решений) к произвольной отдельной ситуации с пациентом;

г) апробировать онтологии путем создания БЗ разных типов (КнВ^I — КнВ^V) по единому словарю терминов.

Результаты / Results

Для задачи-этапа «а» (установить согласованный набор связей, существующих в предметной области), мы применяем системный анализ источников знаний с классификацией причинно-следственных отношений.

В текстах КЛР разных нозологий рассматривались разделы «Диагностики другими методами (с использованием двигательных шкал)», «Медицинская реабилитация» Раздел содержит тезис-рекомендации по проведению мероприятий. Полная тезис-рекомендация отвечает на следующие вопросы: «Что? Кому? (Когда?) В каких целях?», иногда

опуская некоторые части в расчете на чтение человеком, прочитавшим общие слова

Но лишь часть из них являются «инструкциями к действию». Известно, что имеется значительная доля обзорно-напоминательного, образовательного или поясняющего текста, вводные абзацы параграфов («Использование общепринятых шкал помогает в оценке эффективности проводимых лечебных и реабилитационных мероприятий, а также обеспечивает преемственность между специалистами разных профилей и учреждений).

Анализ разделов из семи источников знаний (КЛР разных нозологий) привел к классификации Т-Р (описанных в них причинно-следственных и др. отношений), важной для оцифровки документов.

Классы (и примеры):

Т-Р, связывающие метод диагностики с целью:

Пример 1.

(Кому?) Всем пациентам, с несоответствием клинических и рентгенологических данных, (С какой целью?) с целью верификации диагноза и определения тактики лечения рекомендуется

(Что?) выполнение Компьютерной томографии тазобедренного сустава или Магнитно-резонансной томографии костной ткани (одна область), данные которых характеризуются высокой чувствительностью и специфичностью в отношении ППОБК. УУР С (УДД — 4) [2].

Пример 2.

— Рекомендуется

(Кому?) у всех пациентов с болезнью Шейермана (С какой целью?) с диагностической целью: (Что?) — провести общее клиническое обследование пациента с оценкой ортопедического статуса и состояния кожных покровов;

— выявить или исключить признаки инфекционных очагов;... УУР С (УДД — 5) [1].

Т-Р, связывающие метод лечения с целью:

Пример 3.

(Кому? Когда?) В остром периоде инсульта (С какой целью?) для профилактики развития контрактур в плече

может быть показано

(Что?) позиционирование руки с помощью лонгет и валиков с максимальным отведением и ротацией плеча кнаружи, разгибанием запястья и пальцев на 30 минут в день в положении лёжа или сидя. УУР С (УДД — 4).

Пример 4.

(Кому? Когда?) Ведущее значение в этом периоде имеет

(Что?) лечебная физкультура, направленная

³ IACPaaS (Intelligent Applications, Control and Platform as a Service) — облачная платформа для разработки, управления и удалённого использования интеллектуальных облачных сервисов. <https://iacpaas.dvo.ru/>.

(С какой целью?) на укрепление мышц спины, межлопаточной области, брюшного пресса, ягодиц,
(С какой целью?) на формирование навыков правильной осанки, правильного стереотипа движения, а также

(С какой целью?) обеспечивающая постизометрическую мышечную релаксацию [1].

Т-Р, связывающие метод лечения с категорией пациента:

Пример 5.

(Что?) Проведение ЛФК-комплекса рекомендовано

(Кому? Когда?) пациентам с постинсультными двигательными нарушениями в любом реабилитационном периоде. УУР В (УДД — 2b).

Пример 6.

На основании вышеизложенного возможно рекомендовать следующую

(Что?) схему предоперационной анальгезии

(Кому?) у пациентов с ППОБК

в условиях стационаров РФ:

(Кому?) 4 балла по шкале ВАШ

(Что?) — парацетамол по 1 г внутривенно инфузионно в течение 15 мин 2–3 раза в сутки и НПВС (кеторолак по 30 мг внутримышечно 2 раза в сутки).

(Кому?) 5–6 баллов по шкале ВАШ

(Что?) — НПВС (кеторолак по 30 мг внутримышечно 2–3 раза в сутки) + парацетамол по 1 г внутривенно инфузионно в течение 15 мин 3–4 раза в сутки и/или опиоидный анальгетик (трамадол по 100 мг внутримышечно или внутривенно 2–3 раза в сутки; промедол по 20 мг 2 раза в сутки внутримышечно).

Т-Р-Предупреждения (Т-Р, связывающие методы и противопоказания):

Пример 7.

(Что?) Назначение оральных антикоагулянтов (антагонистов витамина К, прямых ингибиторов тромбина, прямых ингибиторов фактора Ха)

(Кому?) пациентам с ХСН и синусовым ритмом, если нет других показаний,

не рекомендуется

в связи с отсутствием (?достаточных доказательств?) их влияния на смертность.

Т-Р-не обязательные (инструкции, которые изменить можно):

Пример 8.

В качестве подготовительной процедуры перед ЛФК

(С какой целью?) для временного снижения мышечного гипертонуса и болевого синдрома

могут быть рекомендованы

(Что?) отдельные методики массажа.

Благодаря выделенным «содержательным» классам Т-Р определена «онтология» описания взаимосвязи наблюдений, диагностического профиля

и плана восстановления, позволяющая структурированно представлять знания из наиболее достоверных источников. Ее основные связи: $\sim\text{set} \langle \text{disblName}, \sim\text{set}(\text{disblValue}, \sim\text{set}(r_{ij})) \rangle$, $\sim\text{set} \langle \text{aim}_j, \text{disbl}_j, \sim\text{set}(fc_{ij}^I) \rangle$ и $\sim\text{set} \langle \text{aim}_k, \sim\text{set}(fc_{km}^{II}), \sim\text{seq}(\text{event}_{kj}, \text{mode}_{kj}, \text{time}_{kj}) \rangle$.

В технологии IACPaaS это соответствует метаинформации, управляющей формированием и редактированием (см Листинг 1):

Листинг 1. Структура описания знаний на языке метаинформации IACPaaS

Listing 1. The structure of knowledge description in the IACPaaS meta information language

Заболевание или вид операции

('set') МКФкод

Симптомокомплекс

тест ('list')

жалоба ('list')

осмотр ('list')

инструментальное

совместимость: любой/ все/ минимальное количество

('set') Цель реабилитации

Комплекс критериев определения цели

МКФкод ('listmm')

Объективный признак (listmm')

Запрос ('listmm')

объективный Тест ('listmm')

Заключение осмотра ('setmm')

совместимость: любой/ все/ минимальное количество

Плановое мероприятие или Перечень мероприятий

ФизиоПроц (setmm')

режим

область приложения

количество процедур

инструмент (медицинское изделие) ('setmm')

Занятие ('setmm')

режим (listmm')

инструмент (медицинское изделие) ('setmm')

Интервенция

режим (listmm')

инструмент (медицинское изделие) ('setmm')

Поскольку многие связи оценки состояния с целями, методами, а особенно с потенциалом для реабилитации и прогнозом, слабо регламентированы в КЛР, то возможность применяемой (авторами работы) технологии с базами знаний систематически накапливать и упорядочивать такие знания в рамках концептуальной графовой модели кажется уместной и перспективной [13].

Знания для планирования реабилитации могут включать множество Т-Р из КЛР, экспертные знания, а также и опыт в виде хорошо описанных случаев (где обнадеживающие методы реабилитации проявили эффективность у нескольких пациентов, при этом оставаясь в рамках обобщенных КЛР).

Для задачи-этапа «б» (установить согласованный набор терминов) — мы применяем системный анализ источников знаний с классификацией понятий и отношениями общее-частное и целое-часть.

Чтобы помочь поточнее выявить у реабилитанта все нарушения функционирования организма с позиции разных областей медицинских знаний, надо дать возможность применять и рассматривать большое множество наблюдений — признаков и фактов. Обеспечивая полноту и гибкость описания состояния надо обеспечить и одинаковую понимаемость используемых слов.

Анализ нормативной документации разного уровня (методические рекомендации, клинические рекомендации), а также протоколов, СЭМД и собственно историй болезни и медицинских карт (включая Электронная медицинская карта и электронную историю болезни) от разных учреждений показывает вариабельность терминов, в частности используемых для описания средств и методов реабилитации. Ведение электронной документации, использование статистических методов обработки способствовали созданию реестров медицинских терминов. Онтологический подход и технология IASaaS уже дали образец таких тезаурусов для описания состояния пациента и для описания лекарственных назначений. Это современный принцип, существует альтернативный, но закрытый классификатор медицинских концептов УМКВ (от Socmedica MT на <https://socmedica.com/>).

Но работы по машиночитаемости КЛР и поддержке решений в практической реабилитации (как и прочей медицинской деятельности) требуют тезаурусов, способных гармонизировать актуальные в применении документы. Произведённая коллективом систематизация и стандартизация терминов-наблюдений и принцип отделения названий от спектра возможных значений (из которого выбирают термин, адекватный ситуации) обеспечивают полноту описания состояния [14]. При совмещении нескольких словарей использовалась синонимия, что важно при интерпретации описаний (и поиске терминов в процессе описания пациента).

В рамках данного исследования создается онтологическая структура интегрированного тезауруса для унификации описания средств и методов реабилитации (листинг 2).

Листинг 2. Структура упорядочения терминов на языке метаинформации IASaaS

Listing 2. The structure of the ordering of terms in the IASaaS meta information language

Номенклатура мероприятий {СПИСОК}

- >Группа мероприятий {СПИСОК} (+ 'set') (
 - >>Интервенция {ССЫЛКА} ([+] 'setmm')
 - >>Вид занятий {СПИСОК} ([+] 'setmm')
 - Занятие {СПИСОК} (+ 'set')
 - Вид занятий {ССЫЛКА} ([+] 'setmm')
 - >>Вид медицинских изделий (инструментов) {СПИСОК} ([+] 'setmm')
 - >>способ выполнения {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - >>Группа мероприятий {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - >>Синонимы {ССЫЛКА} ([=] 'corumm') (ref-new)
 - >>ФизиоПроцедура {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Вид процедур {СПИСОК} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Вид медицинских изделий (инструментов) ([+] 'setmm')
 - ФизиоПроцедура {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - режим (Строковое)
 - область (Строковое)
 - количество процедур (Строковое)
 - Вид медицинских изделий (инструментов) {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Синонимы {ССЫЛКА} ([=] 'corumm') (ref-new)
 - медицинское изделие (инструмент) {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - Вид медицинских изделий (инструментов) {ССЫЛКА} ([+] 'setmm') (ref-new)
 - инструмент (медицинское изделие) (Строковое)
 - Синонимы {ССЫЛКА} ([=] 'corumm') (ref-new)
 - медицинское изделие (инструмент) {СПИСОК}
 - код медицинского изделия (Строковое)

Опыт применения таковых показал, что, комбинируя ручной, автоматизированный и автоматический подходы, можно в краткие сроки произвести наполнение, достаточное для прототипов и MVP, формирующих документы для практики. Предложена первая версия интегрированного тезауруса (рис. 1). Дальнейшее расширение словаря

происходит в соответствии с управляемой процедурой и не требует участия программистов. Этот тезаурус планомерно расширяется в процессе эксплуатации. Ответственный коллектив применяет механизмы накопления «дополнительных» клинических терминов (например, из электронных документов), последующего их обобщения, синонимирования.

Иерархия общее-частное позволит преодолеть тот факт, что «конкретность» назначений может быть разной: для пациента в ИБ назначения встречаются и «конкретные», и абстрактные (например, на усмотрение), а в нормативном документе часто — абстрактные назначения. Синонимия позволит навести порядок в терминах разных учреждений и «школ».

Формализация знаний и Т-Р на платформе IASaaS (рис. 2) производится с поддержкой инструментов, поддерживающих выбор слов из такого рода тезаурусов («прикрепляющих» термины к узлам графа/сети знаний).

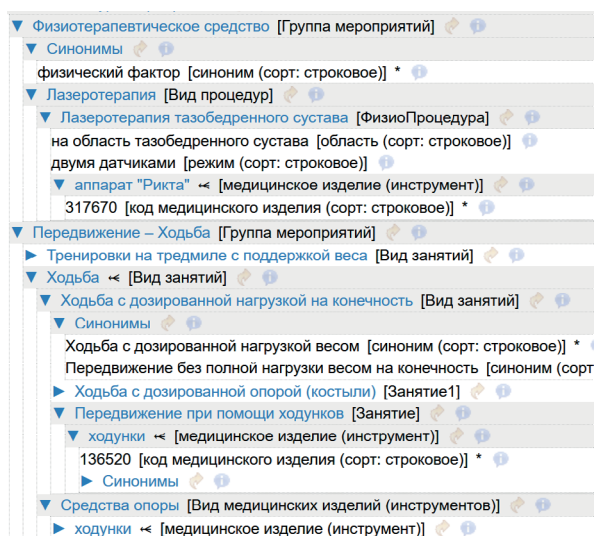


Рис. 1. Фрагмент интегрированного тезауруса средств восстановления

Fig. 1. The fragment of the integrated thesaurus of recovery tools

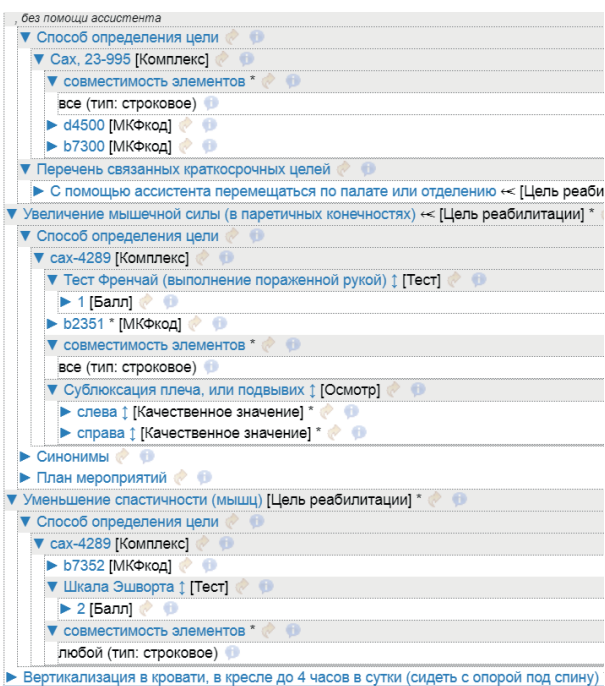
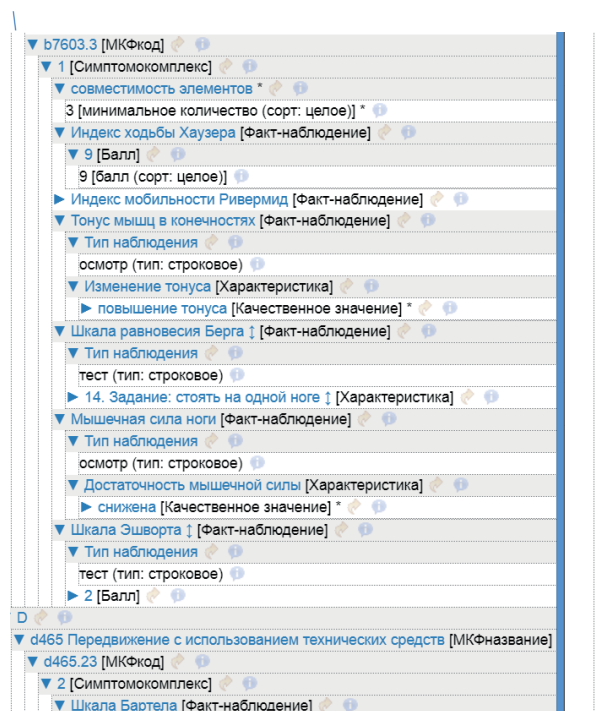


Рис. 2. Фрагменты баз знаний кодирования нарушений и определения целей

Fig. 2. Fragments of knowledge bases for coding violations and defining goals

Для задачи-этапа «в» (Установить соглашения по применению знаний и терминов разных типов в произвольной ситуации) мы производим правила о связях «онтологические соглашения» или документ в стиле написания технических документов о логике решения задач.

Нами прописаны правила-соглашения по применению знаний требуемых типов (из баз KnB^I — KnB^V) при рассуждении и поиске гипотез в задачах

о нарушении функции жизнедеятельности, целях восстановления утраченной функции, о выборе средств восстановления.

Поскольку онтология выражена предметными терминами, то основные онтологические соглашения очевидны (например, гипотеза о цели восстановления выдается согласно связи $\langle \text{aim}_j, \{\text{disbl}_{ij}\}, \{\text{fc}_{ij}^{\text{II}}\} \rangle$, если у пациента установлены прописанные нарушения и имеются указанные факторы,

если $\{fc_{ij}^{\Pi}\}$ не пусто). Простым примером соглашения является «все $\{Disbl_j^{PMK}\} \subset \{disbl_j\} \cup \{r_j\} \in ICF\text{-Profile} \cup Obs \cup Tests$ и $\langle aim_j, \{disbl_j\} \rangle$, то aim_j^{PMK} », переводимое на уровень рассуждения как «наличие в РМК всех $disbl_{ij}$, указанных в утверждении БЗ о связи $\{disbl_{ij}\}$ с целью-задачей aim_j , требует выдачи aim_j в качестве гипотезы»

Нетривиальность имеется, когда по комплексной БЗ (наполненной модулями из нескольких источников) для некоторой цели и модели пациента могут быть выданы несколько рекомендаций $\{\langle disbl_j, \{fc_{ij}^{\Pi}\}, aim_j, \{event_{jk}, time_{jk}\} \rangle\}$ (например, по лечению). Самым простым решением было бы выдать пользователю все $\{event_{jk}, time_{jk}\}$, с добавлением ссылок на источник. Но могут быть установлены другие правила: сначала показывать те гипотезы-рекомендации, которые исходят из нормативных документов.

Сложность добавляют термины разного уровня (например, по лечению с использованием аппаратов) — $\langle eventType_k, eventInstr_{ki}, eventProc_{ik}, time_{ki} \rangle$. Могут быть установлены такие правила-соглашения: при наличии разных гипотез о назначении мероприятий сравнить (сопоставить друг другу) используемые аппараты $eventInstr_{ki}$ с учётом уровня общий-конкретный ($\langle \text{Вид медицинского изделия, \{инструмент / медицинское изделие\} } \rangle$) в интегрированном тезаурусе и при нахождении таковых группировать две гипотезы (например, так: с целью получения анальгетического эффекта назначить

воздействие на область тазобедренного сустава физическими факторами (Лазеротерапия на область тазобедренного сустава двумя датчиками).

Использование концептуальной модели знаний и онтологических соглашений при программировании решателя обеспечивает вывод гипотез (с сопутным объяснением): о целях/задачах — для выявленных состояний, о лечении/восстановлении — для задач, МКФ-профиля и запросов. В этом суть поддержки решений в виде выдачи рекомендации по эффективным способам и средствам реабилитации (которые содержатся в БЗ).

Для задачи-этапа «г» (Провести апробацию онтологии для создания БЗ разных типов) мы создали прототипы онтологических БЗ, создаваемых компонентов виртуальных консилиумов. Все прототипы — «графы знаний», наполняемые по предложенным «семантическим шаблонам» (листинг 1) с использованием единого словаря терминов.

В продолжение апробации на основе онтологических соглашений создана версия программного решателя, проводящего рассуждение по БЗ для информации, сохраняемой в реабилитационной медицинской карте. Далее были выбраны примеры пациентов из практики, для которых выполнено наполнение сведений и сохранение в РМК, запускался решатель (рис. 3), анализировались выдаваемые гипотезы для МКФ-профиля, далее — гипотезы для задач реабилитации и для способов и средств реабилитации, известных из достоверных источников.

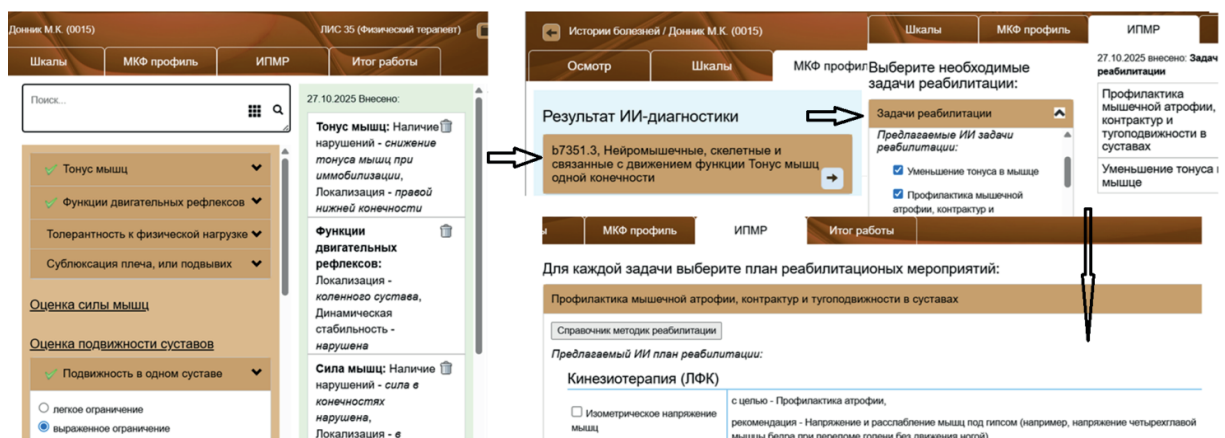


Рис. 3. Применение баз знаний при рассуждении о требуемом лечении для состояния, описанного в РМК
Fig. 3. Knowledge-based reasoning in justifying the necessary treatment for a described patient

Обсуждение / Discussion

Предложенная в работе концептуальная модель базы знаний для поддержки врачебных решений в реабилитации представляет собой принципиально новую ступень в развитии цифровых технологий для медицинской реабилитации. В отличие от существующих систем диагностики и лечения, основанных на нозологическом разделе по МКБ, наша модель

опирается на Международную классификацию функционирования (МКФ) как универсальную основу для формирования целенаправленного, многомерного и целостного подхода к реабилитации. Современные системы поддержки принятия решений в области реабилитации зачастую ориентированы на диагностику отдельных заболеваний и симптомов, что ограничивает возможности комплексного моделирования

состояния пациента. В нашей модели МКФ-профиль выступает не просто как диагноз, а как динамическая многомерная картина нарушений, включающая функции опорно-двигательного аппарата, когнитивные и социальные аспекты, а также факторы окружающей среды. Такой подход требует принципиально иного структурирования знаний, чем традиционные системы, основанные на симптомах или диагнозах.

Главное отличие и инновация модели заключается в учете совокупного влияния нарушений на функционирование человека и в связи конкретных нарушений с целями и методами реабилитации, что позволяет осуществлять стратегическое планирование реабилитационного процесса с учётом индивидуальных особенностей каждого пациента. В результате реализуется принципиально новый подход к интерпретации данных, повышающий точность и обоснованность рекомендаций.

С технологической точки зрения инновационной составляющей является формирование онтологического паттерна на платформе IASaaS, предоставляющей гибкий и масштабируемый инструмент — производства интеграции разнородных данных — клинических рекомендаций, шкал оценки функциональных состояний, экспертных знаний. В сочетании с механизмом объяснимого искусственного интеллекта это обеспечивает прозрачность и доверие к автоматизированным рекомендациям, что является принципиально важным для медицинских решений. Кроме того, модульная структура базы знаний обеспечивает возможность масштабирования и адаптации под новые знания по реабилитации.

С практической точки зрения внедрение подобных систем с базами знаний может повысить качество реабилитации за счёт стандартизации подходов и учёта лучших практик. Автоматизация задач, таких как анализ МКФ-профиля и подбор методов восстановления, снизит нагрузку на врачей, сокращая время на анализ данных и снижая риск субъективных ошибок.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов

Автор декларирует отсутствие конфликта интересов.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИАПУ ДВО РАН, тема № FFW-2021-0004, и при поддержке Минобрнауки России, тема № FZNS-2023-0010.

Таким образом, в работе предложено принципиально новое решение в формировании систем поддержки принятия решений в реабилитации: оно кардинально расширяет возможности оценки состояния и планирования терапии, а также создаёт основу для интеграции и развития новых методов и технологий.

Заключение / Conclusion

Представленная работа заполняет важнейший пробел в медицинских информационных системах — отсутствие СППВР, ориентированных на МКФ-классификацию. В отличие от традиционных медицинских систем, работающих с диагнозами по МКБ, разработанная модель знаний «оперирует» именно МКФ-профилем — комплексной характеристикой состояния пациента через призму функций и активностей организма.

Этот подход особенно важен в реабилитации, где ключевое значение имеет не столько нозологический диагноз, сколько конкретные нарушения функций и ограничения жизнедеятельности. Использование МКФ-профиля как основы для принятия решений позволяет перейти от лечения болезни к восстановлению конкретных функций и социальной интеграции пациента.

Вторым элементом научной новизны является построение и применение семантической модели предметной области (с отношениями причинно-следственными, таксономическими, партономическими и другими), достаточной для генерации персонализированных вариантов решения клинических задач реабилитации.

Перспективы развития системы поддержки решений связаны с дальнейшей детализацией МКФ-ориентированных знаний, автоматизацией определения реабилитационного потенциала и разработкой интерфейсов, позволяющих наглядно представлять взаимосвязи между различными компонентами функционирования пациента.

ADDITIONAL INFORMATION

Conflict of interests

The author declares no conflict of interest.

Financing

The study was carried out within the framework of the state assignment of the IAPP FEB RAS, topic No. FFW-2021-0004, and with the support of the Ministry of Education and Science of Russia, topic No. FZNS-2023-0010.

Участие авторов

Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией. Все соавторы подтверждают окончательный вариант статьи, ответственность за целостность всех частей статьи. Грибова В. В. — анализ литературы, постановка задач, написание и редактирование статьи; Окунь Д. Б. — валидация знаний и генерируемых гипотез, редактирование статьи; Шалфеева Е. А. — моделирование знаний, написание и редактирование статьи.

Соответствие принципам этики

Авторы заявляют, что одобрение комитетом по этике не требовалось, поскольку были проанализированы обезличенные данные, и в исследовании непосредственно не участвовали люди.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Грибова Валерия Викторовна — д. т. н., член-корр. РАН, зам. директора по научной работе, ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН», Владивосток, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку

e-mail: gribova@iacp.dvo.ru

ORCID ID: 0000-0001-9393-351X

РИНЦ SPIN-код: 7481-5878

Окунь Дмитрий Борисович — к. м. н., с. н. с., лаборатория интеллектуальных систем имени А. С. Клещева, ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН», Владивосток, Российская Федерация

e-mail: okdm@iacp.dvo.ru

ORCID ID: 0000-0002-6300-846X

РИНЦ SPIN-код: 8390-2749

Шалфеева Елена Арэфьевна — д. т. н., доцент, в. н. с., лаборатория интеллектуальных систем имени А. С. Клещева, ФГБУН «Институт автоматизации и процессов управления Дальневосточного отделения РАН», Владивосток, Российская Федерация

e-mail: shalf@dvo.ru

ORCID ID: 0000-0001-5536-2875

Participation of authors

All the authors made a significant contribution to the preparation of the work, read and approved the final version of the article before publication. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of its final version. Gribova VV — literature analysis, problem statement, writing and editing the article; Okun DB — results hypotheses and knowledge validation, editing the article; Shalfeeva EA — knowledge modeling, writing and editing the article.

Ethics approval

According to the authors, the study was based on previously published anonymized data and did not involve direct participation of human subjects. Hence, this study was exempt from ethics approval.

ABOUT THE AUTHORS

Valeriya V. Gribova — Dr. Sci. (Eng.), Corresponding Member of RAS, Research Deputy Director, IACP FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation

Corresponding author

e-mail: gribova@iacp.dvo.ru

ORCID ID: 0000-0001-9393-351X

RSCI SPIN-code: 7481-5878

Dmitry B. Okun — Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Intelligent Systems named after A. S. Kleshchev, IACP FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation

e-mail: okdm@iacp.dvo.ru

ORCID ID: 0000-0002-6300-846X

RSCI SPIN-code: 8390-2749

Elena A. Shalfeeva — Dr. Sci. (Eng.), Professor, Leading Researcher, Laboratory of Intelligent Systems named after A. S. Kleshchev, IACP FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation

e-mail: shalf@dvo.ru

ORCID ID: 0000-0001-5536-2875

Литература/References

1. Болезнь Шейермана. Клинические рекомендации РФ 2024. [Bolezni' Sheiermana. Klinicheskie rekomendatsii RF 2024 (In Russ.).] Available at: <https://diseases.medelement.com/disease/%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D1%8C-%D1%88%D0%B5%D0%B9%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0-%D0%BA%D1%80-%D1%80%D1%84-2024/18406> (accessed 13.10.2025).
2. Клинические Рекомендации «Переломы проксимального отдела бедренной кости» (одобрены Минздравом России). Год утверждения: 2021. [Clinical Guidelines. Proximal Femoral Fractures. Year of approval: 2021]. (In Russ.).] Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/980_1 (accessed 13.10.2025).
3. Шмонин А.А., Мальцева М.Н., Мельникова Е.В., Иванова Г.Е. Базовые принципы меди-

- цинской реабилитации, реабилитационный диагноз в категориях МКФ и реабилитационный план. *Вестник восстановительной медицины*. 2017;16(2):16-22. [Shmonin AA, Maltseva MN, Melnikova EV, Ivanova GE. Basic principles of medical rehabilitation, rehabilitation diagnosis in the ICF categories and rehabilitation plan. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny*'=*Bulletin of Restorative Medicine*. 2017;16(2):16-22. (In Russ.)]
4. Омеляновский В.В., Авксентьева М.В., Железнякова И.А., и др. Клинические рекомендации как инструмент повышения качества медицинской помощи. *Онкопедиатрия*. 2017;4(4):246-259. [Omeljanovskij VV, Avksent'eva MV, Zhelezniakova IA, et al. Clinical guidelines as a tool for improving the quality of medical care delivery. *Onkopediatriya*. 2017;4(4):246-259 (In Russ.)] DOI: 10.15690/onco.v4i4.1811.
 5. Путило Н.В., Маличенко В.С. Роль клинических рекомендаций в организации оказания медицинской помощи. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2021;29(2):331-338. [Putilo NV, Malichenko VS. The role of clinical recommendations in organization of medical care support. *Problemy`social'noj gigieny`, zdavoohraneniya i istorii mediciny*'=*Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2021;29(2):331-338 (In Russ.)] DOI: 10.32687/0869-866X-2021-29-2-331-338.
 6. Гордеев М. Н., Поляев Б. Б., Иванова Г. Е., и др. Реабилитационный потенциал личности пациента с острым нарушением мозгового кровообращения: определение факторов и составляющих, влияющих на восстановление. *Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация*. 2024; 6(4):369-378. [Gordeev MN, Polyayev BB, Ivanova GE, et al. Personality rehabilitation potential in acute cerebrovascular accident patients: factors and drivers of recovery. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina, medicinskaya reabilitaciya*'=*Physical and rehabilitation medicine, medical rehabilitation*. 2024;6(4):369-378 (In Russ.)] DOI: 10.36425/rehab636622.
 7. Золотухина И. Ю., Касимова А. Р. Обзор источников данных, используемых в реальных клинических травматолого-ортопедических исследованиях. *Реальная клиническая практика: данные и доказательства*. 2023;3(4):9-14. [Zolotukhina IU., Kasimova AR. Review of data sources used in real-world traumatology and orthopedic. *Real-world data & evidence*. 2023;3(4):9-14 (In Russ.)] DOI: 10.37489/2782-3784-myrdw-42.
 8. Карпов О.Э., Субботин С.А., Шишканов Д.В. Использование медицинских данных для создания систем поддержки принятия врачебных решений. *Врач и информационные технологии*. 2019;2:11-18. [Karpov OE, Subbotin SA, Shishkanov DV. Medical data usage to create medical decision support systems. *Information technologies for the Physician*. 2019;(2):11-18 (In Russ.)].
 9. Инсульт у взрослых: центральный парез верхней конечности. Клинические рекомендации. МКБ10: I60/I61/I62/I63/I64/I69. Год утверждения: 2017. [Stroke in adults: central paresis of the upper limb. Clinical guidelines. ICD10: I60/I61/I62/I63/I64/I69. Year of approval: 2017 (In Russ.)] Available at: https://rehabrus.ru/Docs/2018/02/Insult_u_vzrsl Centr_parez_konech.pdf (accessed 13.10.2025).
 10. Шмонин А.А., Баландина И.Н., Балашова И.Н. и др. Практическое применение оценочных шкал в медицинской реабилитации. // Учебно-методическое пособие. 3-е издание. Санкт-Петербург: Политехника, 2024. 184 с. [Shmonin AA, Balandina IN, Balashova IN, et al. Practical Application of Assessment Scales in Medical Rehabilitation. Study Guide. 3d edition. Sankt-Petersburg: Politekhnik, 2024:184. (In Russ.)].
 11. Галявич А.С., Терещенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации. 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11):251-349. [Galyavich AS, Tereshchenko SN, Uskach TM, et al. Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11):251-349. (In Russ.)] DOI: 10.15829/1560-4071-2024-6162.
 12. 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 VV, Moskalenko PhM, Timchenko VA, Shalfeyeva EA. The IACPaaS Platform for Developing Systems Based on Ontologies: a Decade of Use. *Artificial Intelligence and Decision Making*. 2022;(4):55-65. (In Russ.)] DOI: 10.14357/20718594220406.
 13. Бова В.В. Концептуальная модель представления знаний при построении интеллектуальных информационных систем. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2014;7(156):109-117. [Bova VV. Conceptual model of knowledge representation in the constructing intelligent information systems. *Izvestiya YUFU. Engineering sciences*. 2014;7(156):109-117 (In Russ.)].
 14. Грибова В.В., Петряева М.В., Окунь Д.Б., и др. База данных «База медицинской терминологии и наблюдений». Ав. св. №2019621179. 2019. [Gribova VV, Petryaeva MV, Okun' DB, et al. Database of Medical Terminology and Observations. Copyright certificate no. 2019621179. 2019. (In Russ.)].