

**А.С. ГАЛЧЕНКОВ,**

начальник отдела по информационно-аналитической работе МЧУ ДПО «Нефросовет», аспирант ФГБОУ ВО «МГУПП», г. Москва, Россия, e-mail: a.s.galchenkov@nefrosovnet.ru, ORCID 0000-0003-2146-6953

В.О. НОВИЦКИЙ,

д.т.н., заместитель генерального директора по информационно-аналитической работе МЧУ ДПО «Нефросовет», профессор кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» ФГБОУ ВО «МГУПП», г. Москва, Россия, e-mail: v.o.novitskiy@nefrosovnet.ru, ORCID 0000-0001-6793-4439

Е.А. КОНДРАТЬЕВ,

системный и бизнес-аналитик МЧУ ДПО «Нефросовет», г. Москва, Россия, e-mail: e.a.kondratiev@nefrosovnet.ru, ORCID 0000-0001-7676-024X,

СЕРВИСЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ ЗАБОЛЕВАНИЙ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА ПРИМЕРЕ ХБП 5Д

УДК 004.82; 519.816

DOI: 10.37690/1811-0193-2020-1-45-51

Галченков А.С., Новицкий В.О., Кондратьев Е.А. Сервисы поддержки принятия решений по диагностике и лечению заболеваний и их практическое применение на примере ХБП 5Д (МЧУ ДПО «Нефросовет»; ФГБОУ ВО «МГУПП», г. Москва, Россия)

Аннотация. В статье уточнено понятие СППР, показана тенденция развития новых сервисов в медицине. Описан разработанный СППР-сервис для выдачи рекомендаций по лечебно-диагностическому процессу на примере осложнений у пациентов на постоянном гемодиализе, в частности коррекции анемии. Описана информационно-логическая архитектура сервиса, используемые рейтинговая и триггерная модели, лежащие в основе базы знаний и их взаимосвязь. На основе теории принятия решений показан принцип выработки рекомендаций. Приведены примеры интеграции сервиса с различными информационными системами и др. источниками данных. Проведен анализ результатов внедрения СППР-сервиса для коррекции анемии у пациентов с ХБП 5Д в отделениях нефрологии и гемодиализа медицинской клинической компании Нефросовет в интеграции с информационно-аналитической системой управления лечебно-диагностическими процессами Maximus.

Ключевые слова: СППР, рекомендация, управление, сервис, МИС, теория принятия решений, пользовательский интерфейс, база знаний, альтернатива, рейтинг, триггер, производственная модель, интеграция, лечебно-диагностический процесс, гемодиализ, диагностирование, заболевания, коррекция осложнений ХБП 5Д, анемия.

UDC 004.82; 519.816

Galchenkov A.S., Novitskiy V.O., Kondratiev E.A. Decision support services for the diagnosis and treatment of diseases and their practical application on the example of ckd 5d (Medical Private Institution "Nefrosovnet"; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow State University of Food Production", Moscow, Russia)

Abstract. The article clarifies the concept of DSS, shows the trend of development of new services in medicine. The article describes the developed DSS-service for issuing recommendations for the treatment and diagnostic process on the example of complications in patients on permanent hemodialysis, in particular, correction of anemia. The information and logical architecture of the service, the rating and trigger models used, the underlying knowledge base, and their relationship are described. Based on the theory of decision-making, the principle of making recommendations is shown. Examples of integration of the service with various information systems and other data sources are given. The analysis of the results of the implementation of the DSS service for the correction of anemia in patients with CKD5D in the Nephrology and hemodialysis departments of the medical clinical company Nefrosovet in integration with the information and analytical system for managing treatment and diagnostic processes Maximus.

Keywords: DSS, recommendation, management, service, MIS, decision theory, user interface, knowledge base, alternative, rating, trigger, production model, integration, treatment and diagnostic process, hemodialysis, diagnosis, diseases, correction of CKD5D complications, anemia.

Одним из современных трендов цифровизации является появление различных web-сервисов для аналитической обработки информации и поддержки принятия решений. Особое развитие это получило в сфере медицины, для которой характерна значительная специфика обработки, хранения и представления информации: высокая ответственность, сложность объектов управления, большая неопределённость параметров элементов и связей, высокие требования достоверности, оперативности, своевременности информации и соответствующие связанные с этим проблемы.

Очень часто для принятия медицинских решений характерны недостаточность знаний, ограниченность временных ресурсов, отсутствие возможности привлечения компетентных экспертов, неполнота информации о состоянии больного. Указанные факторы являются причинами врачебных ошибок, которые могут привести к дальнейшей потере здоровья пациента. Поэтому наряду с разработкой медицинской информационной системы (МИС) важной является задача создания медицинских систем поддержки принятия решений (СППР), которые являются информационными сервис-ориентированными системами, функционирующими автономно либо в составе МИС.

Для определения требований функциональности сервисов СППР (или DSS, Decision Support Systems) необходимо уточнить, что под этим понимается.

СППР – это интерактивная автоматизированная система, которая помогает лицу, принимающему решение (ЛПР), использовать данные и модели для идентификации и решения задач принятия соответствующих управляющих решений [1]. Также под СППР понимается компьютерная система, которая на основе анализа большого количества разноплановой информации позволяет выработать наилучшее или приемлемое решение организационно-технического плана в бизнесе, науке, производстве, социальной сфере и др. областях. Поскольку она предназначена для информационной поддержки ЛПР, то может быть определена как система, обеспечивающая простой доступ к моделям и информации, используемым для выработки альтернатив и выбора решений [2, 3].

Многие СППР понимают несколько шире и относят к ним также различные справочники, калькуляторы, компоненты бизнес-интеллекта (BI) и системы контроля, поскольку в том или ином виде они также помогают сделать какие-то выводы и принять решение. Однако, главное отличие СППР в том,

что она не просто представляет информацию, но и вырабатывает конкретные рекомендации для принятия управленческого решения, то есть выдаёт определённого вида управляющий сигнал.

Проанализировав все это, специалисты медицинской информатики задумались о системах, которые смогли бы просто автоматизировать часть процессов управления, а затем стали помогать в принятии управляющих решений. Изначально это были обыкновенные электронные справочники, простые калькуляторы и шкалы. При помощи справочников врач мог посмотреть, как описывается то или иное заболевание согласно клиническим рекомендациям, как его можно закодировать и так далее. Шкалы помогали определять состояния пациентов, в соответствие с которыми по введённым вручную параметрам пациента система автоматически рассчитывала факторы риска. Немаловажное для работы врача значение имеют также различные калькуляторы: параметров пациентов, например, скорости клубочковой фильтрации для определения стадии хронической болезни почек (ХБП); калорийности диеты и др. Врачу больше не нужно держать в голове формулу и производить вычисления вручную. Достаточно просто вбивать входные данные пациента, и система автоматически рассчитает показатели.

Все это упрощает работу врачей, но в целом не является полноценным СППР, которая на основе базы знаний при поступлении входной (возмущающей) информации от объекта управления должна выдавать ЛПР управляющее воздействие в виде рекомендации. При этом возможны различные варианты типов рекомендаций в зависимости от наличия тех или иных целей и ограничений. В терминах теории принятия решений рекомендация, как управление, формируется либо из области допустимых альтернатив (решений), либо из области наилучших альтернатив по определённым критериям, либо является оптимальным решением по какому-то единственному критерию (целевой функции) с учётом условий и ограничений [4].

В медицине, особенно в управлении лечебно-диагностическими процессами, СППР целесообразно реализовывать в виде web-сервиса (или группы сервисов) с API для взаимодействия с другими системами [5].

В-первую очередь, это экспертный интерфейс, который помогает быстро внести новые правила в базу знаний (БЗ, формализованные на основе клинических рекомендаций, стандартов и других



достоверных, аргументированных источников) без привлечения программистов. При этом необходимо проверить эти правила перед отправкой их в рабочую версию на выборке тестовых пациентов.

Во-вторых, важны пользовательские интерфейсы для работы с сервисом. Это может быть как web страница, так и мобильное приложение, через которое пользователи могут ввести свои данные (в т.ч. автоматически из своей ЭМК) и получить рекомендации.

При взаимодействии с другими системами через API интеграция должна быть настроена таким образом, чтобы пользователю не нужно было совершать каких-то дополнительных действий для получения рекомендаций. Все расчеты должны вестись в фоновом режиме реального времени. Рекомендации должны отображаться в том месте системы, где они действительно необходимы, а не заставлять пользователя делать дополнительные манипуляции для получения информации (искать, ожидать или делать дополнительные запросы).

Общая информационно-логическая архитектура СППР-сервиса показана на рис. 1. Она располагает разработанной медицинской базой знаний, которая включает в себя сочетание двух моделей: фреймовой и продукционной. В основе БЗ лежат национальные и международные клинические рекомендации, медицинские стандарты лечения и др. нормативно-правовые акты в соответствие

с законодательством РФ, а также опыт ведущих медицинских экспертов [6, 7].

База знаний включает в себя две модели диагностирования – рейтинговую (ранговую) и триггерную (продукционную). Они имеют свои плюсы и минусы и взаимно дополняют друг друга.

В соответствие с рейтинговой моделью каждому признаку, являющемуся параметром с условием отклонения, сопоставляется вес (рейтинг) от 1 до 10 баллов в зависимости от значимости признака для данного заболевания (нозологии). Для каждой нозологии устанавливается пороговое значение – сумма весов признаков, минимально достаточных для уверенного диагностирования нозологии (рис. 2). Выявление несоответствий определяется рейтингом. Рейтинг – это отношение набранной суммы весов к пороговому значению. Если рейтинг больше или равен 1, это значит, что нозология диагностирована. Все веса и пороговые значения определяются на основе математической обработки текстовых источников доказательной медицины.

Рейтинговая компонента БЗ позволяет также получить рекомендации по необходимым (значимым, повышающим достоверность диагноза) дополнительным исследованиям, исходя из значимости недостающих признаков заболеваний пациента, которые вошли в диагностическую гипотезу. Минусом рейтингового подхода является то, что при диагностике может набраться рейтинг на основе маловажных признаков

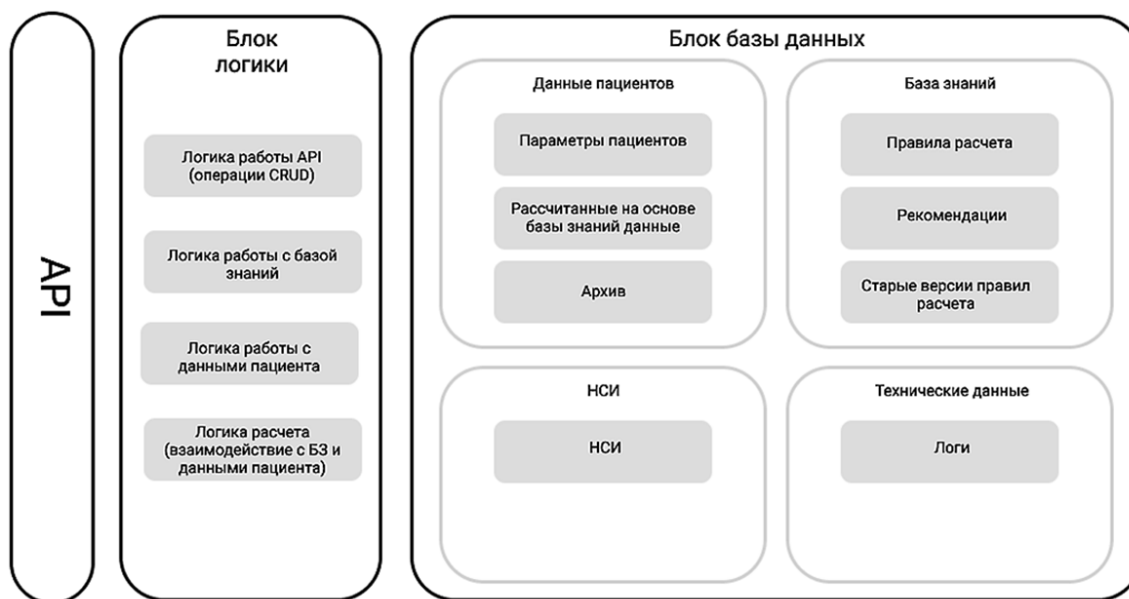


Рис. 1. Информационно-логическая архитектура СППР-сервиса



Анемия при других хронических болезнях, классифицированных в других рубриках		1.75 (35/20)
Признаки пациента		
		Фильтр по статусу: +
Название признака	Вес (Тип триггера) ~	Статус
3.2.8.12.4.1 Постоянная заместительная почечная терапия более 3-х месяцев	10 (Т1)	+
5.2.1.10 Гемоглобин < 120 г/л	10 (Т1)	+
5.2.1.15 Гемоглобин < 130 г/л	10 (Т1)	+
5.3.18.9 Сниженная СКФ (менее 60 мл/мин) более 3 месяцев	10 (Т1)	+
3.2.8.18.8 Наличие в анамнезе ХПН (ХБП)	5 (Т1)	+
5.3.18.12 Скорость клубочковой фильтрации < 90 мл/мин	5 (Т1)	+
5.3.18.4 Сниженная СКФ (менее 60 мл/мин)	5 (Т1)	+
1.12 Мужской (более 15 лет)	(Т1)	+
1.1 Мужской (18-40 лет)		+

Рис. 2. Пример рейтинговой модели для диагностики «Анемии»

объекта, но дающих в сумме значение, большее порога достоверности, что может позволить допустить ошибку при диагностировании [6]. При необходимости рейтинговая компонента может быть отключена. Однако, она может применяться при наличии достоверной выборки данных (статистических или доказательных текстовых), на основе которой она построена, например, в производстве для диагностики отклонений параметров конкретного объекта.

Триггерная модель диагностики представляет собой логические правила, логическую сумму признаков (рис. 3).

Сами признаки могут иметь три вида статусов:

0 – нет данных, т.е. данный признак не проверялся;

1 – положительный, т.е. признак проверен и условие признака выполнено;

2 – отрицательный, т.е. признак проверен, но условие признака не выполнено.

Если логическое правило является истинным, то «срабатывает» соответствующий триггер из базы знаний. Создано три типа триггеров:

1 тип – это правило, при срабатывании которого считается, что нозология диагностирована;

2 тип – это правило, в которое входят признаки со статусом 0. При этом считается, что для диагностики недостаточно данных, так как не проверялись признаки, его характеризующие. Тогда о нозологии нельзя говорить достоверно, что она диагностирована или исключена, пока не будут проверены признаки, формирующие данный триггер;

3 тип – это правило, при срабатывании которого нозология исключается, то есть отсутствует, то есть все параметры находятся в норме.

Диагностические правила		
Диагностическое правило	Тип правила	Статус правила
наличие признака "Наличие в анамнезе ХПН (ХБП)" и наличие признака "Сниженная СКФ (менее 60 мл/мин)" и наличие признака "Мужской(более 15 лет)" и наличие признака "Гемоглобин < 130 г/л"	Подтверждающее диагностическое правило	Сработало
наличие признака "Постоянная заместительная почечная терапия более 3-х месяцев" и наличие признака "Мужской(более 15 лет)" и наличие признака "Гемоглобин < 130 г/л"	Подтверждающее диагностическое правило	Сработало
наличие признака "Сниженная СКФ (менее 60 мл/мин) более 3 месяцев" и наличие признака "Мужской(более 15 лет)" и наличие признака "Гемоглобин < 130 г/л"	Подтверждающее диагностическое правило	Сработало
наличие признака "ДМ не проводит диагностику пациентов младше 15 лет"	Исключающее диагностическое правило	Не сработало
наличие признака "Сниженная СКФ (менее 60 мл/мин) более 3 месяцев" и наличие признака "Гемоглобин нормальный на протяжении более трех месяцев" и наличие признака "Нет лечения препаратами ЭСС более 3 месяцев"	Исключающее диагностическое правило	Не сработало

Рис. 3. Пример триггерной модели для диагностики «Анемии»



Данный подход также имеет свои минусы. Это сложность описания всех возможных логических правил, всех возможных вариантов, а также при накоплении достаточно большого числа (нескольких сотен) логические продукции начинают противоречить друг другу. В БЗ может также не оказаться правил для конкретной ситуации (набора параметров) пациента. Тогда приходится использовать рейтинговую компоненту системы диагностики СППР (при условии её наличия и подключения).

При определённых (вышеуказанных) условиях целесообразно использовать комбинацию этих двух моделей и соответственно компонент БЗ. Фреймовая всегда даёт результат, но точность его имеет вероятностный характер либо должна иметь доказательную аргументированность на основе надёжных (общепризнанных) источников для формализации данной компоненты. Продукционная, если она имеется в БЗ, позволяет точно определить решение, поскольку является логической формализацией общепризнанных источников (национальные или международные рекомендации, стандарты лечения и т.п.). В зависимости от уровня диагностирования объём использования этих моделей варьируется вплоть до отключения. Для первичной диагностики могут использоваться обе модели, при выдаче рекомендаций по лечению только продукционная. По мере накопления формализованных знаний (правил в БЗ) каждая из компонент может получать развитие. Однако, в идеале, когда будут получены и формализованы все логические правила (триггеры, логические продукции), можно будет использовать только продукционную БЗ. Но гарантий, что получены все правила, на все клинические случаи в общем нет, поэтому идеальной БЗ для всех заболеваний достигнуть практически невозможно. Всегда есть вероятность получения на входе сервиса новой, не встречавшейся ранее ситуации.

При создании СППР-сервиса применён язык `node.js` в мини-фреймворке `ActionHero`, в качестве СУБД используется `PostgreSQL`.

СППР-сервис включает интеграционный модуль, который позволяет автоматически обмениваться данными с любыми МИС, лабораторными информационными системами (ЛИС) и др. информационными системами (включая отдельное оборудование), благодаря разработанному гибкому протоколу интеграции. СППР-сервис может работать как на «ввод», ожидая прихода данных и запроса рекомендаций через опубликованные API, так и на «забор»

данных, то есть обращение к опубликованным API сторонних медицинских систем.

СППР-сервис поддерживает версиюность всей БЗ и каждого отдельного правила расчета. Все когда-либо рассчитанные рекомендации имеют ссылки на параметры пациентов, на основе которых они были рассчитаны. Таким образом, СППР-сервис может не только гибко настраиваться и обеспечивать версиюность, но и содержит обоснования расчетов.

В медицинской компании «Нефросовет», включающей более 40 отделений нефрологии и гемодиализа в 16 регионах РФ, СППР-сервис установлен и проходит стадию опытной эксплуатации. В нескольких отделениях он уже более полугода эксплуатируется в полной функциональности и показывает высокую эффективность по диагностике и лечению, например, анемии у пациентов с ХБП 5-ой стадии на постоянном гемодиализе. Данный сервис имеет несколько интерфейсов взаимодействия.

Первый – это интеграция с любой МИС, в частности с Информационно-аналитической системой управления лечебно-диагностическим процессом «Maximus» (рис. 4), разработанной в IT дивизионе Нефросовета и эксплуатируемой во всех клинических подразделениях компании. Данные пациента из `Maximus` событийно передаются в СППР-сервис, который обратно возвращает выработанные рекомендации. Врач на главном экране МИС видит рекомендации и может быстро на них отреагировать.

Одним кликом открыв полноэкранную форму, врач может создать или отменить назначение на необходимое лекарственное средство. Система откроет форму по созданию назначения и отобразит только те препараты, которые относятся к выбранной группе согласно рекомендации. При выдаче сообщения об отмене препарата, по клику откроется именно то назначение, которое необходимо пересмотреть, при этом нет необходимости искать это назначение в системе.

Второй пример – это оповещение о новых рекомендациях на мобильный телефон через смс и/или Telegram канал. Как только по пациенту приходят результаты его лабораторных исследований, в МИС `Maximus` его лечащему врачу приходит сообщение с рекомендациями по дальнейшему лечению, например, анемии у данного пациента. С помощью таких оповещений врач может оперативно принимать решения и вносить в МИС корректировки по лечению.





Рис. 4. Пример интеграции с МИС Maximus

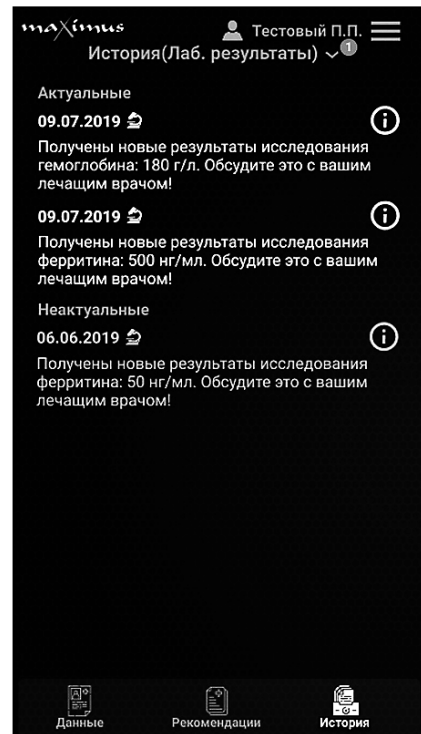
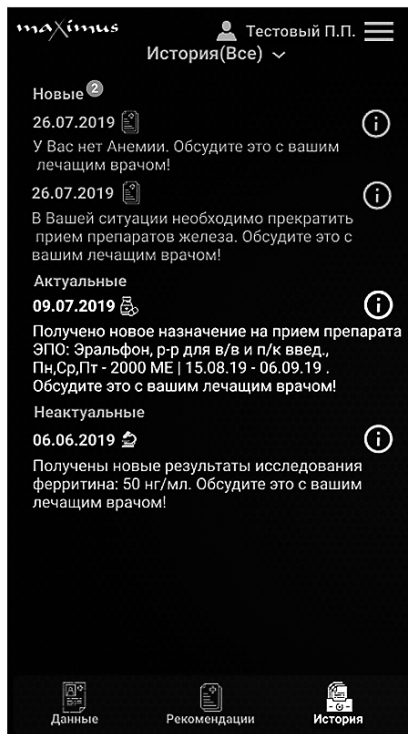
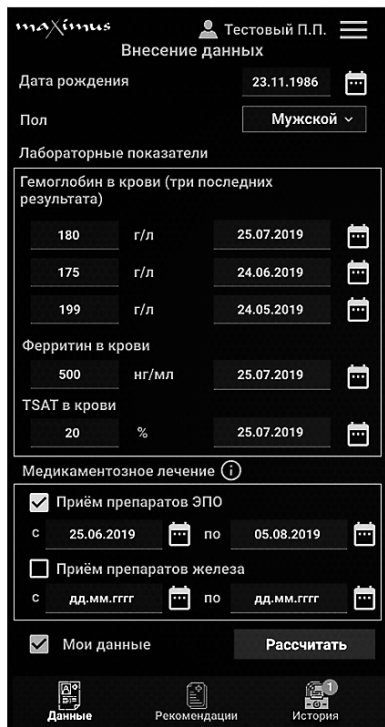


Рис. 5. Мобильное приложение «ПДЛ по Анемии при ХБП 5Д»



Третий пример – это реализованное приложение для мобильной операционной системы Android, которое работает в двух режимах: 1 – просмотр рекомендаций на основании данных из МИС; 2 – внесение данных и расчет на их основании рекомендаций по диагностике и лечению анемии. Возможно также разделение интерфейса по типу пользователя: для врача или для пациента.

Приложение «ПДЛ по анемии при ХБП 5Д» (рис. 5) предназначено для формирования актуальных рекомендаций по лечению осложнений и сопутствующих заболеваний, а также предстоящим плановым мероприятиям для пациентов с терминальной стадией ХБП (ХБП 5Д), когда пациент находится на заместительной почечной терапии.

Рекомендации по лечению анемии формируются в СППР-сервисе на основании данных о возрасте, поле, лабораторных исследованиях и принимаемых препаратах, введенных пользователем в приложениях, или на основании данных, поступающих из МИС Maximus. Приложение позволяет:

- пациенту просматривать свои данные, а врачу – данные по пациентам;
- просматривать все рассчитанные рекомендации по анемии;
- просматривать обоснование по каждой рассчитанной рекомендации для анемии, на основании каких параметров она рассчиталась, и в какой клинической рекомендации описано это правило;
- получать уведомления о появлении новых данных или рекомендациях по анемии;
- просматривать рассчитанные рекомендации по анемии на основании введенных данных.

В настоящее время проводится апробация СППР-сервиса для процессов диагностики и лечения других осложнений ХБП и сопутствующих заболеваний: костно-минеральных нарушений, гипертонии и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Использование разработанного СППР-сервиса по ведению пациентов с ХБП 5Д по коррекции осложнений у пациента на гемодиализе показало свою высокую клиническую и экономическую эффективность. Так, на примере анемии, это позволило снизить стоимость лечения пациентов в среднем на 14%. При этом качество лечения повысилось: в среднем более 60% процентов пациентов теперь попадает в целевой диапазон (100–120 г/л) по содержанию гемоглобина в крови. Затраты сократились благодаря своевременному началу терапии и плавной её отмены (по показателям), что позволило не «перекармливать» медикаментами пациентов, которые в них уже не нуждались.

ВЫВОДЫ

Внедрение и активное использование СППР-сервиса по ведению пациентов с ХБП 5Д по коррекции осложнений и сопутствующих заболеваний у пациентов на гемодиализе показало свою высокую эффективность. При этом процесс автоматизированной диагностики, терапии и контроля исполнения назначений производится без потери в качестве лечения, а иногда и при его улучшении.

ЛИТЕРАТУРА



1. *Simonovic A., Slobodan P.* Decision support for sustainable water resources development in water resources planning in a changing world // Proceeding of International UNESCO symposium, Karlsruhe, Germany. P. III. 3–13, 1994.
2. *Eom S.B.* Decision support systems research: reference disciplines and a cumulative tradition // The International Journal of Management Science, 23, 5, October 1995.
3. *Ларичев О.И., Мошкович Е.М.* Качественные методы принятия решений. М.: Наука. Физматлит, 1996.
4. *Баин А.М.* Современные информационные технологии поддержки принятия решений: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ», 2009. – 240 с. – (Высшее образование).
5. *Гусев А.В., Зарубина Т.В.* Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации / Врач и информационные технологии. 2017. № 2. Стр. 60–72
6. *Новицкий В.О.* Постановка задачи и описание системы поддержки принятия решений для управления лечебно-диагностическим процессом на примере отделений нефрологии и гемодиализа / Врач и информационные технологии. – М.: Изд-во «Менеджер здравоохранения». – 2013. – № 2. – С. 16–21.
7. *Новицкий В.О., Толченников Е.Ю.* Создание многопрофильной диагностической экспертной системы для использования в медицине, пищевой промышленности и других отраслях // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XVIII Международной науч.-практ. конф. Ч. 2. – СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та. – 2014. – С. 37–41.