

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

С.В. Бегичева (Екатеринбург)

Введение

Одной из приоритетных задач Государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» [13] называется повышение доступности и качества скорой медицинской помощи (СМП). Недостаточная изученность вопросов, связанных с проблемами построения моделей комплексной оценки качества услуг скорой медицинской помощи, обеспечивает актуальность темы исследования.

Нормативно-правовая база Российской Федерации в сфере здравоохранения содержит следующее определение: «качество медицинской помощи – совокупность характеристик, отражающих своевременность оказания медицинской помощи, правильность выбора методов профилактики, диагностики, лечения и реабилитации при оказании медицинской помощи, степень достижения запланированного результата» [16]. К основным критериям качества медицинской помощи, используемым в медицинских учреждениях Российской Федерации, относят: доступность медицинской помощи; адекватность, выражающуюся в соответствии технологии медицинского обслуживания потребностям населения; эффективность и действенность; ориентированность на пациента и его удовлетворённость; безопасность процесса лечения; своевременность медицинской помощи; отсутствие (минимизация) врачебных ошибок; научно-технический уровень организации оказания СМП [17]. Для оценки медицинской помощи используются так называемые индикаторы качества – числовые показатели, косвенно отражающие качество основных ее составляющих: структуры, процессов и результатов [15]. Принципы качества сферы здравоохранения применимы и к оценке качества скорой медицинской помощи.

При планировании деятельности скорой медицинской помощи важно не только определять качество ее работы в прошлом, но и на основе данных о текущем состоянии рассчитывать ожидаемое качество обслуживания для того, чтобы выявить необходимость дополнительных мероприятий по модернизации. Типичный способ определения ожидаемого качества обслуживания – имитационное моделирование.

Имитационное моделирование позволяет отображать динамику поведения системы, состоящей из большого числа взаимодействующих взаимозависимых компонент. Необходимость использования имитационного моделирования при решении задач управления качеством и доступностью оказания СМП обосновывается L.F. Laker и др. в статье [7]. Авторы приводят классификацию существующих исследований и указывают, что большинство работ посвящено моделированию таких процессов деятельности СМП как регулирование потоков пациентов, оценка стоимости услуг, управление бригадами скорой помощи, планирование ресурсов и пр. В статье отмечается, что в исследованиях, посвященных имитационному моделированию СМП, в качестве целевых переменных чаще всего выступают два и более индикатора качества из следующего списка: среднее время доезда бригады до места вызова, среднее время пребывания пациента в отделении неотложной помощи, количество обслуженных вызовов, показатели распределения ресурсов [3]. L.F. Laker и др. [7] сформулировали направления будущих исследований в сфере имитационного моделирования

деятельности СМП и порекомендовали использовать в качестве целевых показателей параметры состояния здоровья пациентов.

В статье представлен подход к имитационному моделированию деятельности СМП, опирающийся на положения теории врача и основателя научного изучения качества в сфере здравоохранения А. Донабедиана. Предложенная модификация классической модели позволит оценить влияние управленческих решений по изменению в структуре организации и процессе оказания СМП на доступность и качество скорой медицинской помощи в условиях роста мегаполисов и развития их инфраструктуры.

МЕТОДЫ

Основной целью модернизации системы оказания СМП является повышение доступности и качества скорой помощи. Целевые показатели деятельности СМП укладываются в классическую методологическую схему оценки качества в здравоохранении, предложенную А. Донабедианом [6] в 1988 году. Согласно его схеме принято выделять три основных составляющих качества медицинской помощи:

- 1) качество структуры организации лечения;
- 2) качество процесса оказания медицинской помощи;
- 3) качество результатов.

А. Донабедиан определил качество структуры как составляющую качества медицинской помощи, описывающую условия оказания медицинской помощи: материальные, профессиональные и организационно-управленческие ресурсы медицинской организации. Процесс включает в себя все манипуляции по оказанию помощи пациенту от момента постановки диагноза до окончания лечения. Под результатом оказания медицинской помощи понимают отношение достигнутых результатов лечения к планируемым результатам. А. Донабедиан предположил, что между индикаторами качества медицинской помощи существует однонаправленная взаимосвязь: качество структуры обеспечивает качество процесса оказания помощи, которое в свою очередь способствует качеству результата лечения. Концептуальную модель управления качеством медицинской помощи по Донабедиану часто представляют в виде схемы из трех блоков, соединенных стрелками:

«качество структуры» → «качество процесса» → «качество результата».

Надо отметить, что несмотря на то, что подход Донабедиана является доминирующей парадигмой при оценке качества медицинских услуг в сфере здравоохранения, существуют исследования, указывающие на недостатки модели. Так, последовательный линейный переход от структуры к процессу и далее к результату признается слишком упрощенным и не позволяющим в полной мере учесть взаимовлияния и взаимодействия между компонентами модели [4]. Расширение модели Донабедиана с учетом динамики взаимодействия между компонентами модели предложено Mitchell и др. [8]. Также, по мнению критиков, модель не учитывает влияние внешних факторов. Так, Carayon и др. [4] при разработке дизайна модели управления безопасностью пациента предлагают дополнить категорию «структура» такими элементами как больничная среда, организационная культура, человеческий фактор и пр. Coyle и др. [5] предлагают включить в модель такие antecedentes медицинской помощи как социально-демографические характеристики пациента и факторы среды обитания. К факторам среды обитания авторы относят культурные, социальные, политические, культурные и т.п. факторы. Coyle и др. предполагают, что

подход, учитывающий влияние антецедентов медицинской помощи, даст более целостный анализ качества медицинских услуг. В работе приведено описание исследования лечения астмы, подтверждающего их теорию. Влияние внешних факторов на структуру организации учтено в модификации модели Донабедиана, предложенной Nuckols и др. [10]. Внешние факторы, влияющие на качество и стоимость медицинской помощи, которые были выделены авторами, следующие: клинические показания к лечению, демографические характеристики и прочие детерминанты здоровья, включающие в себя местоположение, климат, возможности трудоустройства и пр.

Для комплексного анализа качества скорой медицинской помощи мы предлагаем дополнить концептуальную схему, предложенную А. Донабедианом, такой составляющей, как качество среды проживания. Индикаторами качества среды проживания являются динамика показателей численности населения, транспортная инфраструктура, демографические характеристики населения, социальная инфраструктура, социальные параметры общества и пр. [14]. Предложение основывается на работах российских ученых [12], [11] и др., указывающих, что организацию функционирования системы здравоохранения определяют такие факторы как плотность населения, возрастно-половой состав и здоровье жителей, социально-экономическая ситуация в регионе, его природно-географические особенности. В исследовании Министерства транспорта США [9] приводятся результаты сравнительного анализа деятельности скорой помощи в сельской местности и городских поселениях, и отмечается, что конфигурация служб СМП во многом обуславливается размером, географическим, демографическим и политическим положением региона обслуживания. Таким образом, указанные выше факторы, оказывающие воздействие на формирование структуры организации скорой медицинской помощи, влияют на процесс оказания СМП, и опосредованно на качество результата.

Учитывая, что процесс оказания скорой медицинской помощи состоит из двух последовательных подпроцессов: (1) процесса приема обращений от населения диспетчером и (2) процесса оказания медицинской помощи бригадой СМП, представим концептуальную модель оценки качества скорой помощи следующим образом (рис. 1).

Согласно предложенной концептуальной модели, на качество результата оказания скорой медицинской помощи оказывает непосредственное влияние тип населенного пункта, характеризующий среду проживания обращающихся за скорой медицинской помощью. Несмотря на то, что организация скорой помощи для населения всех типов административно-территориальных единиц основана на одних и тех же принципах, существующие различия между типами поселений накладывают отпечаток на характер оказания скорой медицинской помощи. Такие особенности мегаполисов как высокие темпы роста мегаполиса; скачкообразные тенденции в изменении численности населения; неравномерная плотность застройки; темпы развития транспортных коммуникаций; наличие множества искусственных рубежей, снижающих связность транспортной сети; низкий уровень транспортной доступности территорий окраинных территорий мегаполиса, формируют специфичный перечень задач, определяющих горизонт планирования процессов деятельности скорой помощи.

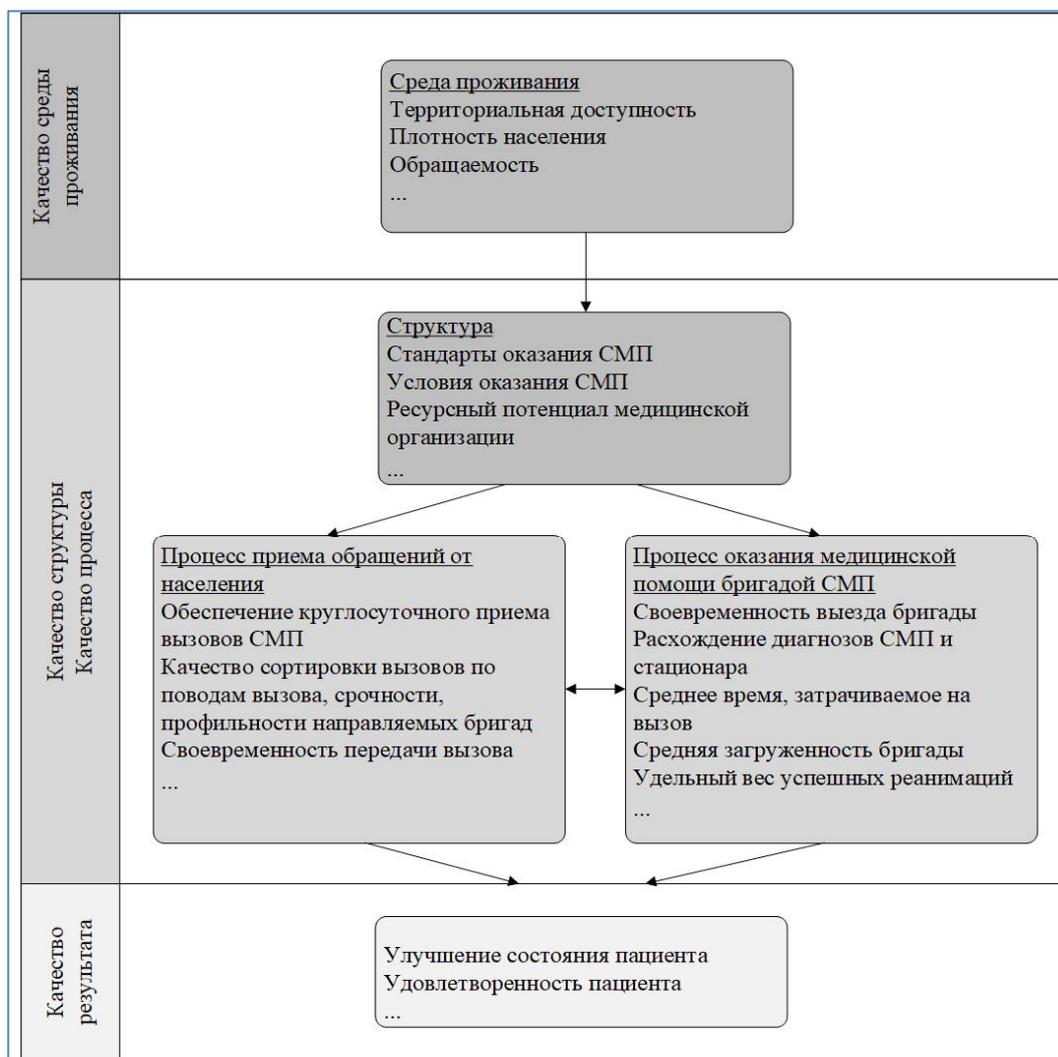


Рис. 1. Концептуальная модель оценки качества скорой медицинской помощи

В соответствии с предложенной концептуальной моделью, определим концепцию моделирования деятельности СМП, заключающуюся в выделении трех объектов – подмоделей, совокупность которых позволит комплексно учесть все категории качества скорой медицинской помощи (рис. 2).

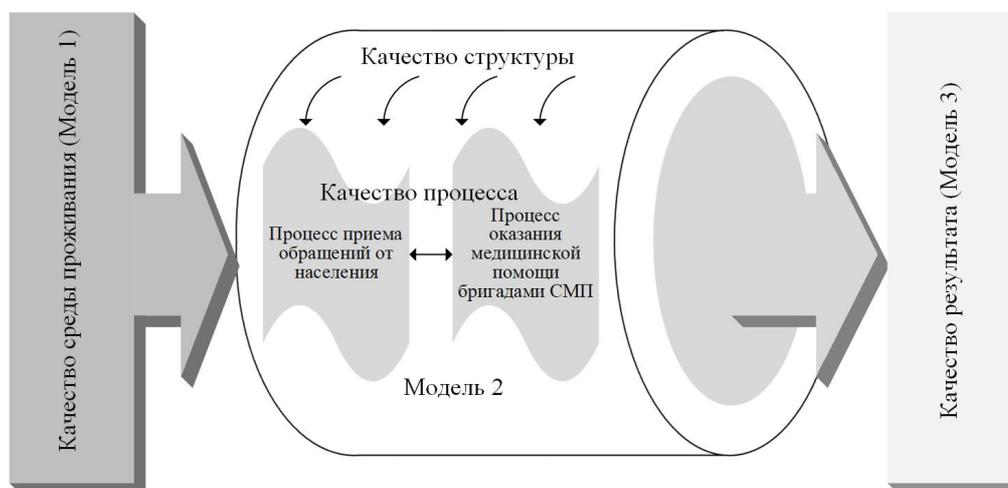


Рис. 2 – Концептуальная схема моделирования деятельности по обслуживанию вызовов скорой медицинской помощью

Подмодель 1. Качество среды проживания оказывает влияние на качество жизнедеятельности и здоровье населения, которые, в свою очередь, определяют потребность в услугах скорой помощи. Динамика изменений показателей внешнего потока может быть учтена при прогнозировании потребности в услугах скорой помощи в условиях мегаполиса на основе анализа влияния совокупности причин, которые формируют количество обращений в СМП.

Подмодель 2. Поступающие в службу СМП вызовы, количество которых прогнозируется моделью 1, обслуживаются последовательно диспетчером и бригадой СМП. Таким образом, подмодель 2 необходима для оценки качества структуры организации и процессов обслуживания, которое является результатом взаимодействий внутренних потоков логистической системы оказания СМП.

Подмодель 3. В процессе эксплуатации подмодели 2 собирается статистика по показателям деятельности для оценки качества работы скорой медицинской помощи. Такие показатели, как время доезда на вызов, среднесуточная загрузка бригады и пр. являются легко измеряемыми, но при этом неявными характеристиками улучшения здоровья пациентов. Третья подмодель предназначена для оценки изменения показателей качества результата при воздействии на структуру организации лечения, при этом качество результатов лечения мы предлагаем оценивать в таких ключевых показателях качества оказания медицинской помощи как удовлетворенность пациентов, получение помощи в соответствии с поводом обращения, улучшение состояния здоровья пациентов.

СМП представляет собой сложную, неоднородную и многомерную систему. Исходя из предложенной концепции моделирования (рис. 2), структурируем моделируемые процессы деятельности СМП, выделяя подсистемы, характеризующие разные категории качества скорой медицинской помощи.

Рассмотрим отдельно: (А) процесс генерации вызова, (В) процесс назначения бригады на вызов, (С) действия бригады при обслуживании вызова, (D) процесс оценки качества результата.

При моделировании процесса генерации вызова (А) следует учитывать такие показатели, характеризующие среду проживания, как численность и темп роста численности населения, плотность заселения и пр.

При моделировании процессов обслуживания вызова (В, С), результаты которых характеризуют качество организации и процесса, необходимо принимать во внимание важность отслеживания взаимодействий между агентами модели. Расчет оценки качества результата опирается на агрегированные оценки пациентов. Для расчета показателей качества применяется методика нечеткой оценки качества скорой медицинской помощи, предложенная в работе [1].

Таким образом, исследуемую систему составляют подсистемы (А) и (D), функционирование которых описывается в терминах накопителей и потоков между накопителями, и подсистемы (В) и (С), обладающие индивидуальным поведением. Комбинация методологий системного моделирования и агентного моделирования может считаться подходящим подходом для моделирования деятельности службы СМП.

РЕЗУЛЬТАТЫ

На основании предложенной формализации в программной среде AnyLogic была выполнена разработка мультиагентной имитационной модели, включающей четыре объекта (рис. 3), три из которых («Вызовы», «Диспетчер», «Бригада») представляют взаимодействие на контекстном уровне. Объект «Вызовы» формирует вызовы, которые обрабатывает объект «Диспетчер» и назначает на выполнение «Бригаду». Назначение блока «Оценка качества результата» – сбор, расчет и визуализация показателей

качества. В модели рассчитываются и накапливаются следующие показатели качества скорой медицинской помощи:

– показатели качества среды проживания: общее количество вызовов за период, количество вызовов в экстренной форме за период;

– показатели качества структуры организации и процесса оказания СМП: доля выездов по экстренным вызовам со временем доезда сверх 20-минутного норматива за период, среднее время доезда для выездов по экстренным вызовам за период, среднее время доезда для выездов по неотложным вызовам за период, среднесуточная загрузка бригады за период;

– показатели качества результатов оказания СМП: удовлетворённость пациента обслуживанием, получение помощи в соответствии с поводом обращения, улучшение состояния здоровья. В рамках модели показатели качества результатов принимают значения от минимальной оценки - 0 до максимального значения -1.

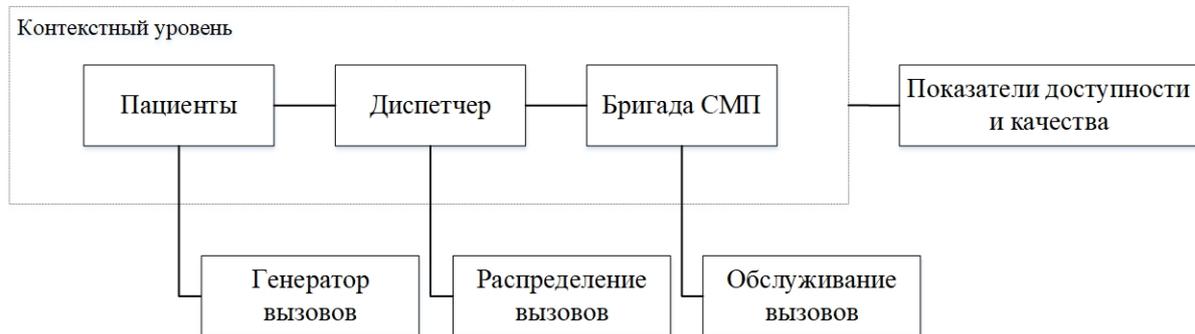


Рис. 3. Обобщенная структура имитационной модели

В рамках контекстного уровня производится взаимодействие обратившихся за медицинской помощью и службы СМП. Схема работы модели формируется из поведения агентов, моделирующих возникновение вызовов (тип агента *Call*), действия диспетчеров (тип агента *CallDistribution*) и бригад скорой помощи (тип агента *Ambulance*), а также агента, отвечающего за расчет показателей оценки качества результата (тип агента *Outcome*). В модели также присутствуют пассивные агенты, необходимые для моделирования пациентов и подстанций СМП (типы агентов *Patient* и *Station*, соответственно). Агенты взаимодействуют в рамках геопространственной среды, заданной картой ГИС г. Екатеринбурга – крупной городской агломерации Российской Федерации.

Подмодель генерации вызовов (тип агента *Call*) построена с использованием имитационной модели прогнозирования потребности в услугах скорой помощи в условиях мегаполиса [2] и учитывает динамику изменения общего количества обращений в скорую помощь города Екатеринбурга. Для того чтобы при моделировании вероятность возникновения вызова в каждой точке города соответствовала реальной, для создания пассивных агентов популяции *patients* (тип агентов *Patient*) были использованы географические координаты мест вызовов базы данных о 15 342 вызовах, собранных с использованием информационной системы эпидемиологического мониторинга в 2017 году.

Процессы распределения вызовов и обслуживания вызова бригадой СМП моделируются с использованием инструментария агентного моделирования.

В имитационной модели реализован эксперимент «варьирование параметров», предназначенный для реализации автоматического многократного запуска модели с фиксированными значениями параметров с целью оценки математического ожидания результирующих показателей.

Выполнено исследование адекватности модели, результаты которого показали, что модель с достаточно высокой точностью отражает результаты деятельности службы СМП г. Екатеринбурга.

Проведена серия экспериментов, позволяющая комплексно сравнить показатели качества обслуживания вызовов при имеющемся уровне обеспеченности населения учреждениями и станциями скорой медицинской помощи (Эксперимент 1) и планируемом к 2025 году уровне обеспеченности, задаваемым Проектом Генерального плана развития городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2035 года (Эксперимент 2).

Доказаны статистически значимые улучшения следующих показателей качества в условиях Эксперимента 2 по сравнению с результатами Эксперимента 1:

- повышение доли выездов по экстренным вызовам со временем доезда сверх 20-минутного норматива ($p = 0,03$);
- снижение среднесуточной загрузки бригады за период ($p = 0,01$);
- удовлетворённость пациента обслуживанием ($p=0,05$).

Таким образом, предложенная в статье концептуальная модель качества скорой медицинской помощи, развивающая контент положений модели А. Донабедиана и позволяющая учитывать влияние качества среды проживания на доступность и качество оказания скорой медицинской помощи, послужила основой для концепции моделирования качества скорой медицинской помощи, согласно которой для комплексной оценки результатов деятельности СМП следует выделить подмодели, совокупность которых позволяет учесть все категории качества скорой медицинской помощи с учетом особенностей типа населенного пункта. Разработанная с учетом такой концепции многоподходная имитационная модель деятельности скорой медицинской помощи учитывает специфику деятельности СМП в мегаполисе и позволяет оценить показатели различных категорий качества СМП.

Результаты исследования могут быть пригодны для использования при разработке моделей деятельности организаций здравоохранения, предназначенных для выработки рекомендации по совершенствованию стратегии управления медицинским учреждением.

Литература

1. **Begicheva S.** Fuzzy Model for Evaluating the Quality of Medical Care / S. Begicheva // 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI 2019), Moscow, Russia. 2019. vol. 2. pp. 5-8.
2. **Begicheva S.V.** Use of Simulation Modeling to Select Input Variables in Predictive Models for the Demand for Emergency Medical Services in Russia / S.V. Begicheva // 2020 IEEE 22nd Conference on Business Informatics (CBI 2020), Antwerp, Belgium. 2020. pp. 101-105.
3. **Cabrera E., Taboada M., Iglesias M., Epelde F., Luque E** Simulation optimization for healthcare emergency departments, 12th Annual International Conference on Computational Science, ICCS 2012, Elsevier, Omaha, NB (2012), pp. 1464-1473.
4. **Carayon P., Schoofs Hundt A., Karsh B.-T., Gurses A.P., Alvarado C.J., Smith M. & Flatley Brennan P.** (2006). Work system design for patient safety: the SEIPS model. Quality and Safety in Health Care, www.ccsenet.org/gjhs Global Journal of Health Science Vol. 6, No. 4; 2014 19 15(suppl 1), i50-8.
5. **Coyle Y.M. & Battles J.B.** (1999). Using antecedents of medical care to develop valid quality of care measures. International journal for quality in health care : journal of the International Society for Quality in Health Care/ISQua, 11(1), 5-12.

6. **Donabedian A.** Quality assessment and assurance: unity of purpose, diversity of means/ A. Donabedian// Inquiry. 1988. № 25 (1). pp. 173-92.
7. **Laker L.F., Torabi E., France D.J., Froehle C.M., Goldlust E.J., Hoot N.R., Kasaie P., Lyons M.S., Barg-Walkow L.H., Ward M.J. & Wears R.L.** (2018) Understanding emergency care delivery through computer simulation modeling. Academic Emergency Medicine, № 25, pp. 116-127.
8. **Mitchell P.H., Ferketich S. & Jennings B.M.** (1998). Quality health outcomes model. American Academy of Nursing Expert Panel on Quality Health Care, 30(1), 43-6.
9. National Highway Traffic Safety Administration. Configurations of EMS Systems: a Pilot Study. Ann Emerg Med 52:453, 2008.
10. **Nuckols T.K., Escarce J.J, Asch S.M.** The effects of quality of care on costs: a conceptual framework. Milbank Quart. 2013;91(2):316–53.
11. **Коробкова О.К.** Проблемы совершенствования оказания медицинских услуг в сельской местности регионов Российской Федерации // Актуальные проблемы экономики и права. 2015. № 1 (33). С. 179-186.
12. **Нонукова И.В.** Организация медицинской помощи в условиях труднодоступности мест проживания и низкой плотности населения (на примере Республики Алтай). И.В. Нонукова, В.М. Чернышев, О.В. Стрельченко. – Новосибирск – ООО «Альфа - Ресурс». 2012. 140 с.
13. Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. N 1640 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения»» (с изменениями и дополнениями).
14. Приказ Минрегиона России от 09.09.2013 N 371 «Об утверждении методики оценки качества городской среды проживания».
15. Руководство по скорой медицинской помощи [Текст] / Минздравсоцразвития РФ, АСМОК. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2007.
16. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 29.05.2019) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», ст. 2.
17. **Шарабчиев Ю.Т., Дудина Т.В.** Доступность и качество медицинской помощи: слагаемые успеха // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2013. №4, стр. 16- 34.