

От редакции журнала: 15–16 февраля 2024 г. в Москве состоялся VII Всероссийский научно-образовательный конгресс с международным участием “Онкорadiология, лучевая диагностика и терапия”. Редакция журнала “Медицинская физика” приняла решения опубликовать на страницах журнала полные тексты докладов, представленных на секции медицинской физики и вызвавших наиболее живые дискуссии участников Конгресса.

## МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ В ОСНАЩЕНИИ ОБОРУДОВАНИЕМ И КАДРАМИ РАДИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ОТДЕЛЕНИЙ В СВЯЗИ С РОСТОМ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ

С.Н. Мамаева<sup>1</sup>, И.В. Васильев<sup>2</sup>, А.Н. Павлов<sup>1</sup>, Т.А. Крылова<sup>1</sup>, Т.Е. Гоголева<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск  
<sup>2</sup> Якутский республиканский онкологический диспансер, Якутск

### A CALCULATING MODEL OF THE NEED RADIO THERAPY DEPARTMENTS WITH EQUIPMENT AND PERSONNEL DUE TO AN INCREASE IN THE INCIDENCE OF CANCER

S.N. Mamaeva<sup>1</sup>, I.V. Vasiliev<sup>2</sup>, A.N. Pavlov<sup>1</sup>, T.A. Krylova<sup>1</sup>, T.E. Gogoleva<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia  
<sup>2</sup> Yakut Republican Oncology Dispensary, Yakutsk, Russia

#### Реферат

В настоящее время во всем мире, в России и Республике Саха (Якутия) продолжается значительный рост количества онкологических заболеваний, смертность от которых стоит на втором месте. Существующие модели определения количества аппаратов и сотрудников медицинского учреждения в основном основываются косвенно и напрямую на общее количество населения административных единиц. Но на фоне роста заболеваемости злокачественными новообразованиями необходимо при определении параметров оснащённости радиотерапевтических отделений учитывать растущее значение данной тенденции. В данной работе представлена модель расчета количества высокотехнологичного оборудования с учетом повышения заболеваемости злокачественными новообразованиями в условиях незначительного роста количества населения. На примере радиотерапевтического отделения Якутского республиканского диспансера определены исходные данные оснащённости, удовлетворяющие в данный момент времени потребности в медицинской помощи онкологическим больным республики, и на их основе произведен пример расчета количества линейных электронных ускорителей и медицинских физиков, которые должны быть в отделении в ближайшем будущем. Результаты показывают, что в моделях по расчету потребности в оснащении оборудованием и кадрами необходимо учитывать рост заболеваемости раком.

**Ключевые слова:** заболеваемость злокачественными новообразованиями, радиотерапевтическое отделение, оснащённость оборудованием, оснащённость кадрами, модель расчета

#### Abstract

Currently, all over the world, in Russia and the Republic of Sakha (Yakutia), there continues to be a significant increase in the number of cancer diseases, the mortality rate from which is in second place. Existing models for determining the number of devices and employees of a medical institution are mainly

based indirectly and directly on the total population of administrative units. However, against the backdrop of an increase in the incidence of malignant neoplasms, it is necessary in the field of providing medical care to the adult population for cancer when determining the equipment parameters of radiotherapy departments to take into account the growing importance of morbidity. This paper presents a model for calculating the quantity of a certain high-tech apparatus, taking into account the incidence of malignant neoplasms as a first approximation in conditions of negligible population growth. Using the example of the radiotherapeutic department of the Yakut Republican dispensary, the initial number of the equipment that satisfies the current needs for medical care for cancer patients of the republic are determined. Based on this an example is made of calculating the number of linear electron accelerators and medical physicists that should be in the department in the near future. The results show that models for calculating equipment and staffing needs need to take into account the increase in cancer incidence.

**Key words:** incidence of malignant neoplasms, radiotherapy department, equipment availability, staffing, calculation model

E-mail: sargylana\_mamaeva@mail.ru

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-101-1-72-77>

## Введение

В сообщении [1] представлена информация о глобальной распространённости рака с использованием оценок заболеваемости раком и смертности от него, подготовленных Международным агентством по изучению рака (GLOBOCAN за 2020 г.). По оценкам, во всем мире зарегистрировано 19,3 млн новых случаев рака. Ожидается, что в 2040 г. общее количество больных раком увеличится на 28,4 млн, что на 47 % больше, чем в 2020 г. В 2022 г. в Российской Федерации впервые в жизни выявлено 624835 случаев злокачественных новообразований (в том числе 283179 и 341656 у пациентов мужского и женского пола соответственно). Прирост данного показателя по сравнению с 2021 г. составил 7,6 % [2]. На рис. 1 приведены данные Федеральной службы государственной статистики за 26.04.2023 г. о численности населения РФ [3]. Согласно оценке, на конец 2022 г., население России составляло 146 083 065 человек. За 2022 г. население России увеличилось приблизительно на 59 870 человек. Учитывая, что население России в начале года оценивалось в 146 023 195 человек, годовой прирост составил 0,04 %. Например, по данным сервиса “СберЗдоровье”, число очных обращений к онкологам в 2022 г. выросло на 59 % по сравнению с 2021 г. По данным исследования клиники “Евроонко” в России в 2022 г. впервые выявлено 624 835 случаев злокачественных новообразований (ЗНО), что на 7,65 % больше, чем в 2021 г. Т.е. соотношение годового прироста

заболеваемости раком и годового прироста населения, например, в 2022 г., в России составляет:  $(7,65 \%) / (0,04 \%) = 191,25$ . Таким образом, очевидно, происходит заметный рост заболеваемости раком на фоне незначительного изменения численности населения. Более того, к началу 2023 г. в опубликованных данных Росстата численность населения России оценивается в 146 424 000 человек. Это на 556 тысяч человек меньше, чем годом ранее. На рис. 2 представлена также зависимость общего количества населения в Республике Саха (Якутия) (РС (Я)) от года.

В настоящее время не существует общих рекомендаций или международных стандартов

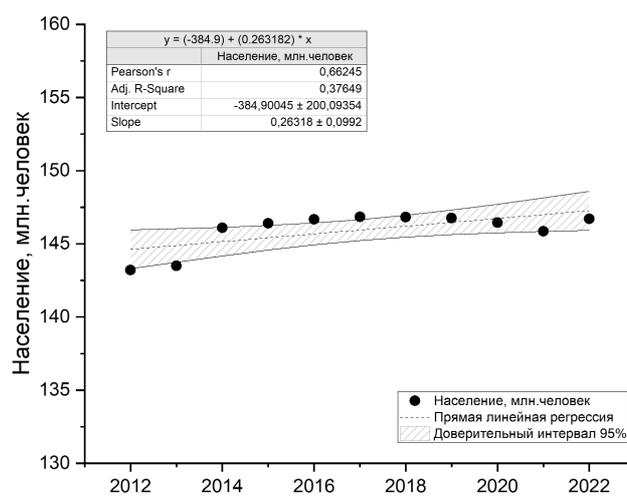


Рис. 1. Количество населения РФ по годам

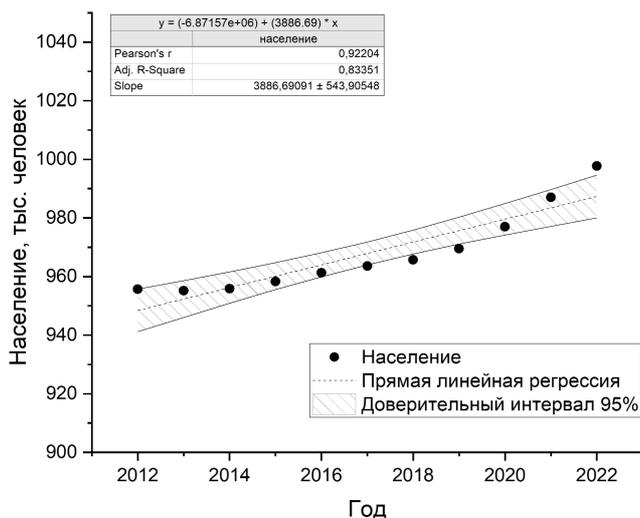


Рис. 2. Количество населения РС (Я) по годам

относительно определения наиболее подходящего количества наиболее используемых диагностических аппаратов, в том числе сканеров КТ или МРТ на миллион населения [4]. Обычно оснащённость медицинских учреждений, в том числе радиотерапевтических отделений (РТО), оборудованием и кадрами производится из расчета количества койко-мест, аппаратов и персонала исходя из критерия единицы на определённое количество населения. Например, потребность в оснащении УЗИ-аппаратами в большинстве случаев рассчитывается исходя из количества пациентов, прикрепленных к медучреждению, или коечного фонда. Так, например, на 30–90 коек в радиологическом отделении требуется 1 аппарат, на 90–250 коек – 2 аппарата, при превышении этого числа – дополнительный аппарат на каждые 60 коек [5]. Отметим, что достижение высокого уровня оснащённости влияет на качество и эффективность лучевой терапии (ЛТ) в РТО.

## Результаты и обсуждение

На примере РТО Якутского республиканского онкологического диспансера (ЯРОД) были исследованы показатели оснащённости оборудованием и укомплектованности медицинскими физиками в зависимости от года в период с 2012 по 2022 г., а также динамика показателей РТО в лучевой терапии пациентов с РШМ. На рис. 3 показана укомплектованность кадрами РТО ЯРОД с 2013 г. по 2021 г. График указывает

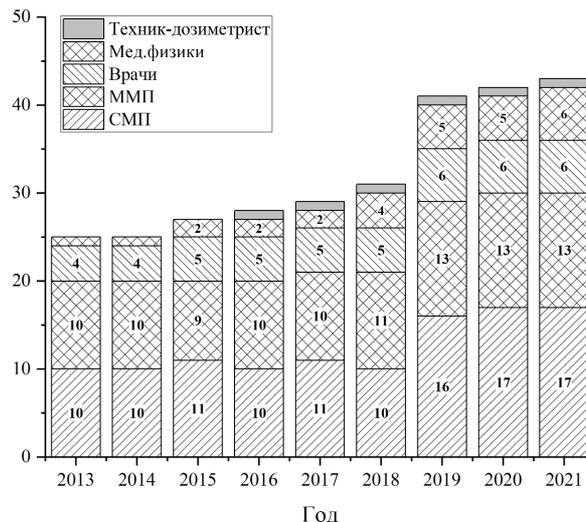
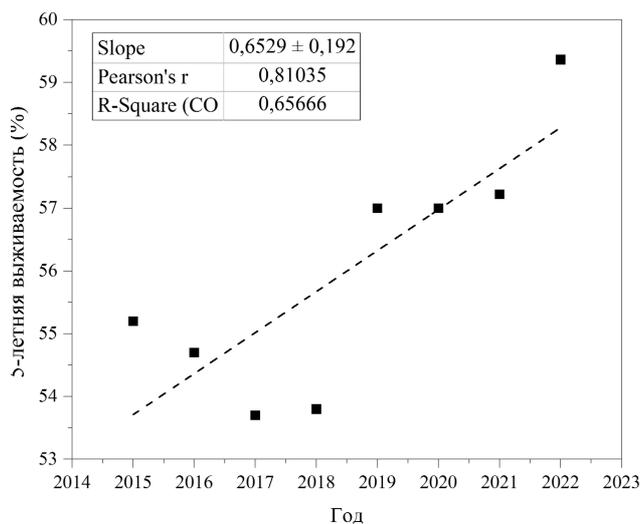


Рис. 3. Укомплектованность кадрами радиотерапевтического отделения ЯРОД по годам

на рост числа сотрудников врачей-радиотерапевтов, медицинских физиков в отделении, это связано с ростом оснащённости высокотехнологичным оборудованием, с повышенным спросом на услуги радиотерапии, уровнем доступности этого вида лечения для пациентов. По программе “Модернизации здравоохранения на 2011–2013 г.” было приобретено современное оборудование для проведения ЛТ: Theratron Equinox (Канада), Multicourse HDR (Германия), Xstrahl-300 (Великобритания). С 2016 г. начали проводить ЛТ на медицинском линейном ускорителе электронов (ЛУЭ) Elekta Synergy, приобретенном по национальной программе совершенствования онкологической помощи населению. На этом аппарате возможно проведение высокотехнологической медицинской помощи, таких инновационных видов лучевой терапии, как IMRT, IGRT, VMAT.

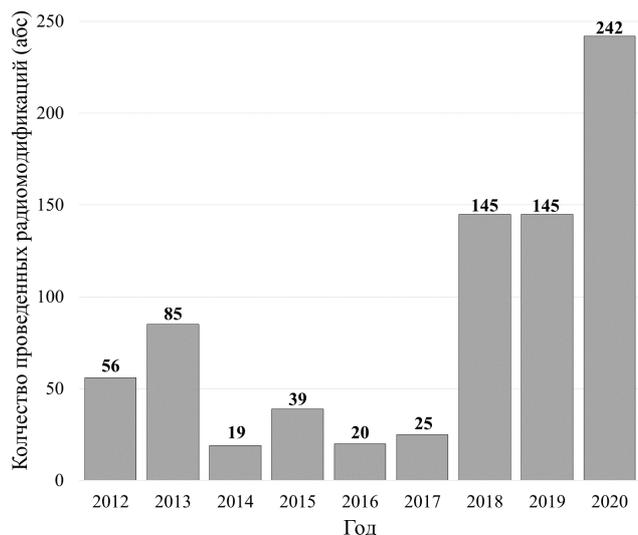
В соответствии с Распоряжением Правительства РС(Я) № 398-Р от 22 апреля 2015 г. “О концепции строительства объекта “Якутский республиканский онкологический диспансер на 210 коек в г. Якутске с радиологическим отделением и хозблоком” с 2017 по 2019 г. проведена полная реконструкция РТО на 30 коек. В ходе реконструкции построен практически новый корпус, а площади старого здания увеличились в 2,6 раза – с 1789,8 кв.м. до 4564,6 кв.м. Новый корпус имеет типовую планировку, отвечающую современным требованиям российского здравоохранения, с учетом комфортного пребывания пациентов, в том числе для маломобильных групп населения:



**Рис. 4.** 5-летняя выживаемость прошедших лечение пациентов с РЛПМ

просторные палаты, широкие коридоры, зоны отдыха, помещения для свиданий с пациентами и т.д. В 2019 г. был введен в эксплуатацию второй линейный ускоритель Elekta Synergy, а также впервые начали применять такие технологии ЛТ как 3 DCRT по методике IMRT, с применением которой в первый год было пролечено 66 больных, и 3 DCRT по методике VMAT (27 больных) с использованием системы планирования Mopaso и HDR+. На рис. 4 видно, что в зависимости от года наблюдается тенденция роста пятилетней выживаемости, например, по сравнению с 2015 г. 5-летняя выживаемость увеличилась на 4,5 % в 2022 г., что соответствует росту количества проведенных радиомодификаций (рис. 5). Уменьшение количества пятилетней выживаемости в 2017 г. и 2018 г. может быть объяснено отсутствием в 2012 и в 2013 гг. достаточного количества оборудования, в том числе ЛУЭ, и медицинских физиков, а также обращением большинства пациентов на поздних стадиях заболевания и ростом заболеваемости (рис. 6). Рост 5-летней выживаемости в 2022 г. наблюдается в условиях роста количества медицинских физиков и введением в эксплуатацию в 2017 г. первого ЛУЭ, несмотря на продолжающийся рост заболеваемости в этом году по сравнению с предыдущими годами.

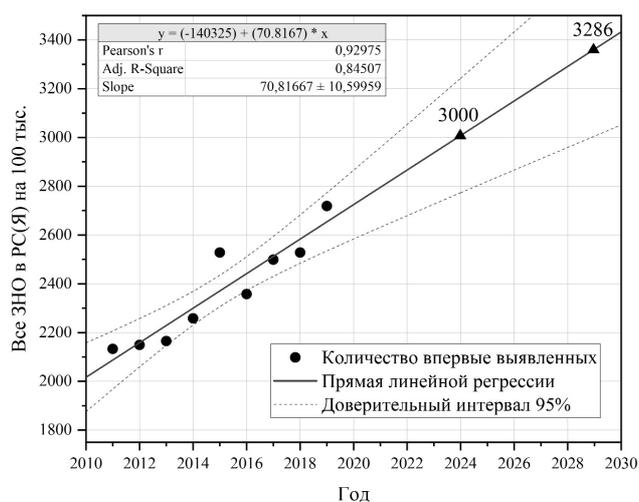
Таким образом, улучшение оснащённости РТО обуславливает положительную динамику выживаемости, повышения уровня доступно-



**Рис. 5.** Количество проведенных радиомодификаций

сти ЛТ с радиомодификациями большему количеству пациентов и т.д.

Специалисты связывают увеличение численного значения заболеваемости раком с улучшением методик диагностики рака и их интенсивным внедрением в практику, т.е. рост заболеваемости наблюдается в основном не из-за увеличения реального количества больных, а из-за увеличения количества выявленных больных раком. Но независимо от причин роста показателей заболеваемости в условиях интенсивного увеличения количества пациентов



**Рис. 6.** Зависимость общего количества всех видов ЗНО от года в РС (Я)

возможны нехватка оборудования, койко-мест, высококвалифицированных специалистов, таких как медицинские физики, т.е. будет снижаться доступность высокотехнологичной ЛТ и ухудшаться качество медицинского обслуживания.

В связи с вышеперечисленными фактами роста заболеваемости в России и РС (Я) и зависимости эффективности ЛТ от уровня оснащённости оборудованием и укомплектованности медицинскими физиками на примере РТО ЯРОД существует необходимость определения уровня оснащённости медицинского учреждения в зависимости не только от количества населения, но и от роста ЗНО с течением времени.

В данной работе предлагается модель расчета потребности оснащения аппаратами (на примере ЛУЭ) в РТО ЯРОД в первом приближении с учетом роста заболеваемости с высоким коэффициентом линейной зависимости и слабой зависимости количества населения от года, представляющей собой почти горизонтальную линию в течение 10 лет (рис. 2). Предположим, что по оценочным прогнозам будет наблюдаться линейная зависимость заболеваемости  $n$  от года  $t$ , в то время как рост количества населения  $N$  в зависимости от года будет меняться незначительно. В данное время количество оборудования  $N_{об}$  определённого вида определяется исходя из представления количества оборудования на единицу количества населения, например, один линейный ускоритель электронов на 500 тыс. населения в соответствии с данными в РС(Я). Необходимо обратить внимание на то, что это соотношение значительно расходится со следующими данными МАГАТЭ: 1 аппарат в США на 88, во Франции на 128, в Польше на 253, в Турции на 320 тыс. населения [4].

Итак, в первом приближении необходимое количество оборудования  $N_{об}$  будем определять исходя из тенденции роста заболеваемости  $n$ , т.е. в первом приближении  $N_{об}$  будет зависеть от времени (года) линейно при определенных условиях соответствия количества, например, ЛУЭ. Если исходить из того, что в 2019 г. имело место хорошее соответствие количества ЛУЭ и численного значения ЗНО (показатели РТО соответствовали необходимым требованиям, например, значительное улучшение 5-летней выживаемости и доступности ЛТ), то учитывая, что в 2019 г. количество заболевших

ЗНО на 100 тыс. населения было  $n_{2019}=2700$  и через 10 лет станет согласно прогностической модели в 2029 г. равным  $n_{2029}=3286$ , возникает необходимость в установке еще 1 ЛУЭ: т.к.  $N_{об\ 2029}=N_{об\ 2019} \cdot n_{2029}/n_{2019}$ , то  $N_{об\ 2029}=2 \cdot 3286/2700 \approx 3$ .

В настоящее время в ЯРОД работает 6 медицинских физиков на всех аппаратах, т.е. исходя из оценочного прогноза на 2029 г. требуется 1 дополнительный ЛУЭ. С учетом стандарта МАГАТЭ и РФ [6], на 1 линейный ускоритель в смену требуется 1 медицинский физик, то в 2029 г. потребуется еще 2–3 медицинских физика.

По данным 2020 г., в стране до сих пор есть значительное отставание по оснащённости оборудованием и укомплектованности кадрами [6, 7]. На основе статистических данных и роста заболеваемости в настоящее время стране не хватает более 300 ЛУЭ с учетом количества вновь установленных и аппаратов, которые заменят выработавшую ресурс технику [4]. Т.е. необходимо обратить внимание на то, что полученные значения количества аппаратов и медицинских физиков должны быть значительно выше, чем представленные в модели. Т.е. полученные данные можно рассматривать как минимальные для поддержания уровня качества медицинского обслуживания, имеющего место в настоящий момент времени (в момент проведения расчета). Кроме того, при незначительном росте заболеваемости и количества населения, исходя из полученных данных можно определить время приостановки закупки в целях увеличения количества аппаратов, и производить закупку только в целях замены старого, вышедшего из строя оборудования.

## Выводы и заключение

На основе анализа зависимости эффективности деятельности РТО на примере РТО ЯРОД РС (Я) от показателей роста заболеваемости РШМ и других ЗНО, динамики уровня оснащённости РТО оборудованием и укомплектованности медицинскими физиками показано, что все эти факторы определяют доступность и качество лучевой терапии пациентов РТО. Увеличение количества аппаратов, медицинских физиков приводит к заметному росту пятилетней выживаемости пациентов с диагнозом РШМ. Для того чтобы улучшать показатели эффективности лучевой терапии, проводимой в

РТО, необходимо своевременно дооснащать новым оборудованием отделение и обеспечивать нужное количество медицинских физиков. И для более точного определения параметров оснащения РТО при планировании закупок оборудования и открытия новых вакантных мест для медицинских физиков в ближайшем будущем необходимо в расчете учитывать нужное количество аппаратов в исходных данных модели, равного сумме количества имеющихся в момент проведения расчета и недостающих аппаратов, с учетом роста заболеваемости.

Таким образом, оснащение оборудованием и кадрами РТО диспансеров и онкологических центров должны происходить постоянно в соответствии с прогнозами роста заболеваемости и других факторов на основе новых моделей расчета количества аппаратов и медицинских физиков. Для своевременного обеспечения кадрами необходимого количества медицинских физиков РТО должна производиться и подготовка достаточного количества кадров в образовательных учреждениях с учетом роста заболеваемости РШМ и других ЗНО. Кроме того, результаты расчетов должны рассматриваться в программах развития медицины регионов и России в целом.

### Список литературы

1. Who.int [электронный ресурс] World Health Organization (WHO). Global Health Estimates 2020: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2019. WHO; [цитата от 30.10.2023 г.]. Режим доступа: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death>.
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, 2022. – илл. – 239 с.
3. rosstat.gov.ru [электронный ресурс] Росстат. Демография. Численность и состав населения; [цитата от 26.10.2023 г.]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>.
4. Рыжов С.А. Аналитический отчет: Оценка потребностей в использовании технологий лучевой диагностики и радиотерапии. Москва: ГБУЗ “НПКЦ ДиТ ДЗМ”. 2019.
5. www.mos.ru [электронный ресурс] Приказ Департамента здравоохранения города Москвы №1043 от 15.09.2020 г.; [цитата от 10.11.2023 г.]. Режим доступа <https://www.mos.ru/dzdrav/documents/department-acts/>.
6. Соколов Е.Н. Отчет о выполнении научно-исследовательской работы по оценке кадровой потребности Российской Федерации в специалистах, занимающих должность “Медицинский физик” с учетом региональных особенностей, и экспертизе сетевой программы профессиональной переподготовки “Медицинская физика”, разработанной в сибирском государственном медицинском университете. Москва (Россия): Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий департамента здравоохранения города Москвы; ГБУЗ “НПКЦ ДиТ ДЗМ”. Москва. 2020.
7. minzdrav.gov.ru [электронный ресурс] Хмелевский Е.В. Отчет главного внештатного специалиста – радиолога (радиотерапевта) МЗ РФ за 2020 г.; [цитата от 11.11.2023 г.]. Режим доступа: [https://static0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/056/956/original/%D0%9E%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82\\_%D0%B7%D0%B0\\_2020\\_%D0%B3%D0%BE%D0%B4\\_%D0%A5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf?1624978716](https://static0.minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/056/956/original/%D0%9E%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82_%D0%B7%D0%B0_2020_%D0%B3%D0%BE%D0%B4_%D0%A5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9.pdf?1624978716).