



Экономика контроля сахарного диабета 2 типа на основе моделирования больших данных

Светличная С. В. ¹, Попович Л. Д. ²

¹ - Независимый Институт социальных инноваций (НИСИ), Москва, Российская Федерация

² - ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обсуждение. Ранее было установлено, что основные затраты при сахарном диабете 2 типа (СД 2 типа) приходятся не на лекарственную коррекцию гликемии, а на лечение возникающих сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и непрямые расходы, особенно у лиц трудоспособного возраста.

Цель исследования. Целью исследования являлось моделирование потенциальных клинических результатов реализации эффективных программ контроля СД 2 типа в связи с его влиянием на ССЗ и смертность при достижении целевого уровня HbA_{1c} и оценка экономических последствий в монетарном выражении.

Материалы и методы. Применена Оксфордская модель исследования UKPDS. Выполнено моделирование потенциальных эпидемиологических и экономических выгод при предотвращении случаев ССЗ и преждевременных смертей при прогнозируемом «переходе» пациентов из текущего состояния (уровень HbA_{1c} более 7,0%) в состояние с целевым уровнем HbA_{1c}. С помощью кластерного анализа с учётом трёх возрастных групп (до 40 лет, 40–59 лет, 60 лет и старше) и четырёх групп по уровням HbA_{1c} с учётом информации о наличии ССЗ сформированы 48 кластерных групп. Для каждой из этих групп рассчитывались вероятности развития ССЗ в горизонте прогнозирования 10 лет. Рассчитывались DALY, YLL, YLD с учётом параметров, отражённых в глобальном бремени болезни. Учитывались средняя заработная плата, подушевой внутренний валовой продукт (ВВП) и другие показатели.

Результаты. Успешный контроль заболевания позволит в течение 10 лет сохранить 1,69 млн. лет жизни, что соответствует 115,93 годам на 100 тыс. населения в год. Анализ структуры DALY показывает, что потери при ССЗ в наибольшей степени вызваны смертью: показатель YLL составляет 97,6%. Прогнозируемое снижение заболеваемости и смертности от ССЗ может обеспечить ежегодное снижение на 17% общих потерь DALY. С учётом средней заработной платы и лет активного трудового периода для разных групп трудоспособного возраста сумма дополнительного вклада в экономику РФ оценивается в 197,8 млрд рублей за 10 лет. В метриках ВВП на душу населения выгода от применения эффективных программ контроля СД 2 типа составит 213,6 млрд руб. в год.

Заключение. Эффективные методы контроля СД 2 типа снижают риск возникновения и прогрессирования ССЗ и потому являются экономически оправданными, и могут рассматриваться как дополнительный источник бюджетных выгод, приводящий к снижению затрат на оказание медицинской помощи.

Ключевые слова: сахарный диабет 2 типа; сердечно-сосудистых заболеваний; оценка технологии здравоохранения; экономика здравоохранения; бремя болезни; непрямые расходы; лица трудоспособного возраста; большие данные

Для цитирования: Светличная С. В., Попович Л. Д. Экономика контроля сахарного диабета 2 типа на основе моделирования больших данных. *Реальная клиническая практика: данные и доказательства*. 2024;4(1):14-23. <https://doi.org/10.37489/2782-3784-myrwd-47>. EDN: KPDTMA

Поступила: 07.02.2024. В доработанном виде: 25.02.2024. Принята к печати: 12.03.2024. Опубликовано: 30.03.2024.

Economics of diabetes mellitus type 2 control based on big data modeling

Svetlana V. Svetlichnaya ¹, Larissa D. Popovich ²

¹ - Independent Institute for Social Innovations (IISI), Moscow, Russian Federation

² - National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russian Federation

Abstract

Background. It has been done previously that the main expenditures in diabetes mellitus type 2 (DM2T) not related with glycemia correction, but they are spending on the cardiovascular diseases (CVDs) of DM2T and indirect costs of CVDs in work-aged patients.

Objective. Modelling of potential clinical and economic results of effective programs for DM2T control realizations and their influence on CVDs and mortality in case of HbA_{1c} targets reached.

Materials and methods. The Oxford UKPDS model has been used for epidemiologic and economic benefits in cases of decreased CVDs and premature deaths due to more effective control of DM2T. We created 48 cluster groups of patients based on age (less 40 y. o., 40–60 y. o., 60+ y. o.) and HbA_{1c} levels and CVDs anamnesis. The probability of CVDs over 10 years was calculated for each cluster. Subsequently, DALY, YLL, and YLD have also been defined. Average salary, GDP per capita, etc. were used for the analysis.

Results. Successful control of DM2T can lead to saving 1.69 billion YLL, or 115.93 years per 100th of people annually. The prognosis for CVD morbidity and mortality decreasing due to more effective DM2T control can decrease DALY loss by 17%. The effect on the Russian economy in this case can be evaluated as 197,8 billion RUR over 10 years (based on salary level). The benefit in the GDP per capita metric is higher — 213.6 billion RUR annually.

Conclusion. Effective methods of DM2T control can reduce the risk of CVD occurrence and progression; therefore, they are economically justified and can be considered as an additional source of budgetary benefits, leading to lower medical care costs.

Keywords: diabetes mellitus type 2; cardiovascular diseases; health technology assessment; health care system economics; burden of diseases; indirect costs; work-aged patients; big data

For citations: Svetlichnaya SV, Popovich LD. Economics of diabetes mellitus type 2 control based on big data modeling. *Real-World Data & Evidence*. 2024;4(1):14–23. <https://doi.org/10.37489/2782–3784-myrdw-47>. EDN: KPDTMA

Received: 07.02.2024. Revision received: 25.02.2024. Accepted: 12.03.2024. Published: 30.03.2024.

Введение / Introduction

Сахарный диабет (СД) относится к категории социально значимых неинфекционных заболеваний с эпидемическими темпами роста распространённости. Распространённость СД 2 типа в нашей стране была не менее 5,4%, а ещё более 19% населения находилось в состоянии «предиабета» в 2015 г. [1]. В 2021 г. распространённость СД 2 типа по сравнению с 2016 г. увеличилась с 2 709 до 3 022 на 100 тыс. населения, смертность у этих больных также возросла с 87,7 до 93,9 на 100 тыс. населения, главным образом, за счёт сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), выступающих в качестве осложнений болезни (52% смертей при СД 2 типа связаны с ССЗ) [2]. Несмотря на внедрение в лечебную практику современных технологий лечения, контроль заболеваний был недостаточен, с чем и связана такая статистика осложнений. Доля больных с уровнем гликированного гемоглобина (HbA_{1c}) менее 7,0% (что считается хорошим показателем контроля) составляла не более 53%, а ещё более 8% находились в зоне повышенного риска ССЗ с уровнем HbA_{1c} более 9,0%. При этом показано, что снижение повышенного уровня HbA_{1c} на 1% уменьшает риск развития острого инфаркта миокарда на 14%, атеросклероза периферических сосудов на 43% и ишемического инсульта на 12% [3].

Диабет — основной фактор риска развития ишемической болезни сердца и ишемического инсульта, которые являются первой и второй по значимости причиной глобального бремени болезней [4, 5]. Основные затраты при СД 2 типа приходятся не на лекарственную коррекцию гликемии, а на лечение возникающих ССЗ и не прямых расходов, связанных с ними, особенно у лиц трудоспособного возраста. Так, расходы на одного пациента с контролируемым СД 2 типа (HbA_{1c} 6,5%) в 3 раза меньше, чем в случае высокого риска ССЗ (HbA_{1c} 9,5% и выше) [6]. Авторами настоящего исследования ранее было

показано, что за 10-летний период расходы на здравоохранение, связанные с необходимостью лечения сердечно-сосудистых осложнений, могут быть снижены на 14,7 млрд руб. Экономия на выплате социальных трансфертов при инвалидизации за этот период может составить 53 млрд руб. Снижение производственных потерь, обусловленных преждевременной смертностью и ранним выходом на пенсию по инвалидности, может составить 138,5 млрд руб. Таким образом, общий объём получаемых государством экономических выгод от достижения целевых показателей контроля СД 2 типа может составить за рассматриваемый период 206,2 млрд руб. [7].

Вместе с тем, существенные изменения последнего времени диктуют необходимость обновления подходов к оценке экономических последствий контроля заболевания, тем более что появились как современные способы лекарственного лечения, так и технологии эффективного контроля, позволяющие без увеличения дозировок, например, аналогов инсулина, снизить уровень HbA_{1c} до целевых значений, тем самым, вероятность возникновения или прогрессирования ССЗ [8].

Цель исследования / Objective

Целью настоящего исследования являлось моделирование потенциальных клинических результатов реализации эффективных программ контроля СД 2 типа в связи с его влиянием на ССЗ и смертность при достижении целевого уровня HbA_{1c} и оценка экономических последствий в монетарном выражении.

Материалы и методы / Materials and methods

Работа выполнена на основе аналитического отчёта по Федеральному регистру сахарного диабета (ФРСД) (<https://diaregistry.ru/>), реализуемого ГНЦ

РФ ФГБУ «НМИЦ эндокринологии» Минздрава России совместно с ЗАО «Астон Консалтинг». Данный отчёт подготовлен техническим оператором работ ЗАО «Астон Консалтинг» на основании обезличенных агрегированных данных. Проведены анализ распределения больных в зависимости от степени компенсации СД 2 типа (по уровням HbA_{1c}), а также оценка рисков возникновения ССЗ (по состоянию на 2022 г.). С этой целью использована модель «Перспективного исследования сахарного диабета в Великобритании» (англ. The UK Prospective Diabetes Study; UKPDS) [9]. Оценивались потенциальные эпидемиологические выгоды, которыми считались предотвращённые случаи ССЗ и преждевременных смертей при прогнозируемом «переходе» пациентов из текущего состояния (уровень HbA_{1c} более 7,0%) в состояние с целевым уровнем HbA_{1c} .

Итоговые эпидемиологические выгоды, которые можно ожидать в реальной когорте больных, зависят от сочетания факторов риска. При этом результаты, полученные на модельных выборках могут быть использованы для экстраполяции результатов на реальную когорту любой величины.

Регистровые данные ФРСД, использованные в Модели: доля женщин составила 67,2%, из них в трудоспособном возрасте — 18,2%; доля мужчин — 32,8%, из них в трудоспособном возрасте — 37,8%. Среди женщин доля лиц с компенсированным СД 2 типа 52,0%, среди мужчин — 44,3%. Среди женщин доля лиц с ССЗ составила 67,5%, среди мужчин — 64,7%. Характеристика когорты, по которой проводилась экстраполяция моделирования, представлена в таблице 1.

Таблица 1. Распределение пациентов по обезличенным данным Федерального регистра сахарного диабета для Модели
Table 1. Distribution of patients according to anonymized Diabetes mellitus registry data for the Model

Возрастные группы	HbA _{1c} до 6,9%		HbA _{1c} 7–7,9%		HbA _{1c} 8–8,9%		HbA _{1c} 9+%		Всего
	без ССЗ	с ССЗ	без ССЗ	с ССЗ	без ССЗ	с ССЗ	без ССЗ	с ССЗ	
Женщины									
до 40 лет	5958	3585	2810	1669	839	629	933	778	17201
40–60 лет	59983	80967	35654	47283	9008	16180	9178	18920	277173
60+ лет	215153	476694	137717	293117	28723	85638	19430	68195	1324667
Всего женщин	281094	561246	176181	342069	38570	102447	29541	87893	1619041
Соотношение	1,00	1,99	1,00	1,94	1,00	2,66	1,00	2,96	
Мужчины									
до 40 лет	4833	3328	2965	1978	936	807	1315	1187	17349
40–60 лет	45347	54211	30895	104626	8471	12986	9633	15012	281181
60+ лет	87154	154289	61318	104626	14284	31736	10796	26100	490303
Всего мужчин	137334	211828	95178	211230	23691	45529	21744	42299	788833
Соотношение	1,00	1,54	1,00	2,22	1,00	1,92	1,00	1,95	
ИТОГО оба пола	418428	831467	271359	553299	62261	147976	51285	130192	2407874
Соотношение	1,0	1,99	1,00	2,04	1,00	2,38	1,00	2,54	
Примечания: HbA _{1c} — гликированный гемоглобин; ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания. Notes: HbA _{1c} — glycated hemoglobin; CVD — cardiovascular diseases.									

Модель оценивает вероятность возникновения событий ССЗ на основе таких исходных параметров как пол, возраст, уровень холестерина, липиды, систолическое давление, индекс массы тела, статус по курению, наличие сердечно-сосудистых заболеваний, включая сердечную недостаточность, ишемическую болезнь сердца, инфаркт миокарда и ишемический инсульт. Их сочетание позволяет сформировать несколько тысяч «портретов». В настоящем исследовании в качестве исходных параметров рассматривались сочетания ограниченного

числа характеристик: пол, возраст, уровень HbA_{1c} , наличие или отсутствие ССЗ. Агрегация данных с помощью кластерного анализа отдельно для женщин и мужчин с учётом трёх возрастных групп (до 40 лет, 40–59 лет и 60 лет и старше) и четырёх групп, различающихся по уровням HbA_{1c} , а также с учётом информации о наличии ССЗ позволила сформировать 48 кластерных групп.

Для каждой из этих групп рассчитывались вероятности развития сердечно-сосудистых событий в горизонте прогнозирования 10 лет. Эпидемио-

логический эффект успешного контроля по HbA_{1c} у разных категорий больных СД 2 типа выражался в показателях предотвращённых ССЗ и не произошедших случаев смерти. Интегральным показателем сохранённых лет жизни и лет, проведённых без болезни, был параметр DALYs (*англ.* Disability-Adjusted Life Years), рассчитанный как сумма лет жизни, утраченных в результате преждевременной смерти YLL (*англ.* Years of Life Lost) и количества лет, прожитых в состоянии болезни и/или инвалидности YLD (*англ.* Years of healthy Life lost due to Disability) [10, 11]. Для расчёта показателя YLL оценивалось количество недожитых лет относительно величины продолжительности жизни. В проекте «Глобальное бремя болезней» (*англ.* Global Burden of Disease; GBD) [11] в качестве показателя продолжительности жизни принято значение 87,1 год [11]. Для внутрироссийских расчётов в рамках настоящего исследования было использовано целевое значение ожидаемой продолжительности жизни в 2030 году — 80 лет. Для использованных в Модели возрастных групп было принято три варианта показателя недожитых лет: 40 лет для возрастной группы «до 40 лет», 30 лет для группы «от 40 до 59 лет» и 10 лет для группы «60 лет и старше» без разделения по полу.

Показатель YLD представляет собой произведение количества заболеваний, величины временного периода нездоровья в метриках лет жизни и величины весового коэффициента болезни (*англ.* Disease Weight; DW), отражающего степень утраты здоровья и тяжесть течения той или иной болезни. Если речь идёт о заболевании, то DW принимает значения меньше нуля, и единицы, если заболевание завершилось смертью. Для оценки тяжести потери здоровой жизни при ССЗ были использованы DW трёх ССЗ из проекта GBD: инфаркта миокарда, ишемического инсульта и хронической сердечной недостаточности. В Модели, где больные с СД 2 типа сгруппированы по возрасту и наличию или ССЗ (но тяжесть заболевания неизвестна), была принята следующая гипотеза:

- для лиц в возрасте менее 40 лет применяются коэффициенты лёгкой степени тяжести;
- для лиц в возрасте 40–59 лет — средней степени тяжести;
- для старших возрастов — тяжёлой степени тяжести.

Величины временных потерь лет жизни и здоровья в связи с ССЗ различаются для разных нозологий. Так, по данным GBD, в России в среднем временные потери здоровья в связи с ишемическим инсультом составляют 484 дня (1,325 года), для ин-

фаркта миокарда минимальный показатель составляет 65 дней (0,18 года), для хронической сердечной недостаточности 174 дня (0,48 года). Учитывая, что информация, представленная в ФРСД, не даёт возможности оценить нозологическую структуру ССЗ, в Модели для упрощения расчётов принята гипотеза о том, что средняя величина временной «стоимости» сердечно-сосудистой патологии для больных диабетом составляет 1 год.

На первом этапе расчёты эпидемиологического эффекта от улучшения контроля заболевания проводились в условных когортах из 1000 больных в каждой группе. Далее полученные результаты экстраполировались на данные ФРСД. В Модели проводилось сравнение двух сценариев:

1. реализация программы, позволяющей достичь целевых показателей управления СД 2 типа (показатели состояния здоровья больных соответствуют целевым значениям);
2. сценария сложившейся реальной клинической практики (обезличенные показатели отчёта по ФРСД на 01.01.2023 г.).

Целевые показатели формировались на основе российских рекомендаций [12].

Для расчёта экономических выгод от улучшения контроля СД 2 типа в группе больных трудоспособного возраста использовался показатель средней заработной платы. Для расчёта величины заработной платы, сохранённой за счёт предотвращённых смертей, использованы данные о количестве спасённых лет жизни, средняя величина заработной платы в РФ в 2019 году, число сохранённых активных¹ лет трудоспособного периода. Расчёт средней заработной платы в горизонте 10 лет производился с учётом ежегодной инфляции 4% отдельно мужчин и женщин в возрасте от 30 до 60 лет, по группе «специалистов среднего уровня» [13].

Дополнительно определялись экономические выгоды в метриках подушевого ВВП и подушевого дохода. Этот расчёт позволял охватить анализом все категории больных, а не только лиц трудоспособного возраста, и оценить макроэкономические выгоды общества в целом при улучшении контроля СД 2 типа.

Результаты / Results

В среднем при условии достижения больными с СД 2 типа целевого значения HbA_{1c} число предотвращённых новых случаев сердечно-сосудистых заболеваний составляет 30 на 1000 человек у женщин и 33 на 1000 мужчин. Кроме того, чем выше изначальный уровень HbA_{1c} , а затем в результате лечения достигнуты целевые значения, тем выше

¹ При условии, что активный возраст для женщин — до 60 лет, для мужчин — до 65 лет.

количество предотвращённых случаев ССЗ. Наличие хотя бы одного ССЗ у больного СД 2 типа, достигшего целевого значения HbA_{1c} , также увеличивает число предотвращённых новых случаев заболеваний.

Число предотвращённых случаев смерти у женщин, не имеющих целевой уровень HbA_{1c} (недостаточный контроль СД 2 типа), может быть выше, чем у мужчин, особенно это касается старших возрастов. Однако, наибольшее различие наблюдается между группами больных, имеющих и не имеющих в анамнезе ССЗ. Эффективный контроль СД 2 типа существенно снижает смертность у больных СД 2 типа, уже имеющих ССЗ. При этом у женщин этот фактор играет даже большую роль. Вместе с тем,

моделирование показало, что среди мужчин трудоспособного возраста, до 60% предотвращённых смертей прогнозируется на первые 5 лет эффективного контроля заболевания (!).

Таким образом, очевидна важность мер по контролю СД 2 типа, в том числе с помощью современных технологий лечения, именно у категорий больных с дополнительными факторами риска, таких как наличие ССЗ.

Представленные прогнозные данные получены на условной модели, в которой каждая из 48 групп состояла из 1000 человек. Результаты моделирования на основе данных ФРСД (см. табл. 1) отвечают тем же трендам, но показывают несколько иные соотношения (табл. 2 и 3).

Таблица 2. Число предотвращённых случаев ССЗ в течение 10 лет (моделирование)
Table 2. Number of CVD cases averted over 10 years (simulation)

Группы больных сахарным диабетом 2 типа	Кол-во случаев ССЗ, всего	В том числе		Доля в общем количестве случаев, %	В том числе	
		Среди мужчин	Среди женщин		Среди мужчин	Среди женщин
Все	99948	32150	67798	100	100	100
Имеющие ССЗ	84056	27286	56770	84,1	84,9	83,7
Не имеющие ССЗ	15892	4865	11027	15,9	15,1	16,3
Трудоспособного возраста	20797	10856	9941	20,8	33,8	14,7
Старше трудоспособного возраста	79151	21294	57857	79,2	66,2	85,3
С компенсированным HbA_{1c}	46904	12623	34281	46,9	39,3	50,6
С некомпенсированным HbA_{1c}	53044	19527	33517	53,1	60,7	49,4

Примечания: ССЗ – сердечно-сосудистое заболевание; HbA_{1c} – гликированный гемоглобин.
Notes: CVD – cardiovascular disease; HbA_{1c} – glycated hemoglobin.

Таблица 3. Количество предотвращённых случаев смерти в течение 10 лет (моделирование)
Table 3. Number of deaths averted over 10 years (simulation)

Группы больных сахарным диабетом 2 типа	Кол-во случаев смерти всего	В том числе		Доля в общем количестве случаев, %	В том числе %	
		мужчины	женщины		Среди мужчин	Среди женщин
Все больные	124871	36365	88506	100	100	100
Больные, имеющие ССЗ	109662	31370	78292	87,8	86,3	88,5
Больные, не имеющие ССЗ	15209	4995	10214	12,2	13,7	11,5
Больные трудоспособного возраста	20275	10850	9425	16,2	29,8	10,6
Больные старше трудоспособного возраста	104596	25515	79081	83,8	70,2	89,4
Больные с целевым уровнем HbA_{1c}	60721	15535	45186	48,6	42,7	51,0
Больные с HbA_{1c} выше целевых значения	64150	20830	43320	51,4	57,3	49,0

Примечания: ССЗ – сердечно-сосудистое заболевание; HbA_{1c} – гликированный гемоглобин.
Notes: CVD – cardiovascular disease; HbA_{1c} – glycated hemoglobin.

Экстраполяция результатов моделирования на общие данные ФРСД (2,4 млн. пациентов) показала, что контроль СД 2 типа чаще всего может предотвратить развитие смерти и дополнительного ССЗ у больных, уже имеющих один из видов сердечно-сосудистых заболеваний, у женщин и у мужчин старше трудоспособного возраста, а также у мужчин с HbA_{1c} выше целевого значения (табл. 2 и 3).

Прогнозируемое потенциальное число предотвращённых ССЗ составило 99 948 случаев. Это означает, что в среднем у 4,2% больных

с СД 2 типа не разовьётся осложнение в виде ССЗ в горизонте 10 лет прогнозирования при условии достижения целевых значений HbA_{1c} . Число же предотвращённых смертей среди лиц, в отношении которых проводилась экстраполяция, оценивается в 124 871 случаев. Это означает, что в среднем 5,2% больных с СД 2 типа сможет избежать преждевременной смерти от ССЗ в перспективе 10 лет.

Расчётный интегральный показатель сохранённых лет жизни (DALY) и его составляющие приведены в таблице 4.

Таблица 4. Показатели сохранённых лет жизни за счёт предотвращения случаев ССЗ и случаев преждевременной смерти в горизонте 10 лет (расчёт на 2,407 млн. чел.)
Table 4. Indicators of years of life saved due to the prevention of CVD cases and cases of premature death over a 10-year horizon (calculated for 2.407 million people)

Возрастные группы	DALY, лет	В том числе, лет	
		YLL	YLD
до 40 лет	11934,8	11913,5	21,3
40-59 лет	600811,0	599329,2	1481,8
60+ лет	1085023,5	1045958,8	39064,6
Сумма сохранённых лет жизни	1697769,3	1657201,5	40567,7

Примечание: ССЗ — сердечно-сосудистое заболевание.
Note: CVD — cardiovascular disease.

Как видно из полученных расчётов, успешный контроль заболевания позволит в течение 10 лет сохранить 1,69 млн. лет жизни. Анализ структуры DALY показывает, что потери при ССЗ в наибольшей степени вызваны смертью: показатель YLL составляет 97,6%. По данным GBD, в мире при общих потерях в связи с ССЗ, оцениваемых в 393 млн. лет, величина YLL составляет 359 млн. лет или 91,3% [14]. Таким образом, максимальные общественные выгоды при борьбе с ССЗ связаны, прежде всего, со снижением смертности.

По результатам моделирования, при сложившейся структуре больных СД 2 типа, в которой доля больных старших возрастов превалирует и составляет 75%, наибольшие выгоды при улучшении контроля заболевания возможно получить за счёт этой группы (показатель достигает 63,9%). Моделирование также показало, что 65% величины YLL атрибутировано к женщинам; 46,2% величины YLL обеспечивают компенсированные группы больных; 88,5% величины YLL может быть получено за счёт улучшения контроля среди больных, уже имеющих как минимум одно ССЗ.

Всего было отобрано 12 регионов Российской Федерации (2022 г.) с учётом качества информации (см. табл. 5). Наибольший показатель сохранённых лет на 1000 больных рассчитан нами для

Архангельской области — 849,78 лет, низкий — для Воронежской области — 661,20 лет (средний по стране — 705,09 лет на 1000 больных). Анализ показал, что практически во всех рассмотренных регионах от трети и выше потерь DALY (от 34,2% в Алтайском крае до 38,7% в Тюменской области) приходится на лиц трудоспособного возраста. При этом общие экономические выгоды от сокращения ССЗ и числа смертей, оценённые с помощью метрик ВРП или величины среднего дохода на душу населения, зависят от региональных экономик. Так, наибольшие выгоды в метрике ВРП подсчитаны для Тюменской области — 274,6 млн. рублей на 1000 больных с СД 2 типа в год, что выше среднероссийского показателя в 3 раза. Меньше экономические выгоды определены в Саратовской области, как в метриках ВРП — 35,7 млн. рублей на 1000 больных в год, так и в метриках подушевого дохода — 29,2 млн. рублей.

В Пензенской области при сходных с Саратовской областью экономических показателях ВРП и доходов населения выгода несколько выше (37,5 млн. рублей в метриках ВРП и 32,4 млн. рублей в метрике доходов населения) за счёт несколько лучшего контроля заболевания (по HbA_{1c} данным). Ещё один регион — Алтайский край — имеет невысокие показатели ВРП и доходов населения, но

за счёт неплохого управления СД 2 типа² показал потенциальные выгоды в метрике ВРП на уровне 37 млн. рублей в год на 1000 больных.

Интересно отметить, что при анализе структуры лекарственной терапии среди представленных в табл. 5 регионов наблюдается устойчивая тенденция к тому, что там, где при инсулинотерапии преобладают аналоги инсулина, доля компенсированных пациентов выше вне зависимости от наличия ССЗ. Так, например, в субъекте федерации, где отмечено преобладание аналогов инсулина различной продолжительности действия (83,9%) в структуре лечения СД 2 типа, отмечается высокий уровень

компенсации (по HbA_{1c}) — целевые показатели достигнуты у 77,3% больных без ССЗ и почти у половины больных с уже имеющимися ССЗ. Также важно, что в этом регионе высока доля пациентов, получающих современную сахароснижающую терапию в виде комбинации аналогов инсулина с препаратами аГПП-1. В этом регионе экономическая выгода будет определена в 1,4 млн руб. в год. Данное наблюдение демонстрирует важность успешного контроля заболевания с точки зрения влияния современных методов сахароснижающей терапии на количество компенсированных по уровню HbA_{1c} пациентов.

Таблица 5. DALY и экономические выгоды от снижения ССЗ и смертности при прогнозировании улучшения контроля СД 2 типа в отдельных регионах РФ
Table 5. DALYs and economic benefits from reducing CVD and mortality when predicting improved control of diabetes mellitus type 2 in selected regions of the Russian Federation

Регионы	DALY, предотвращённые потери лет			Экономические выгода на 1000 больных в год, млн. руб.	
	на 1000 больных, лет	всего, лет	доля для лиц трудоспособного возраста, %	в метрике — ВРП на душу	в метрике — доход на душу
Архангельская область	849,78	36448,09	35,3%	96,08	59,16
Алтайский край	833,30	59787,38	34,2%	37,06	37,39
Ярославская область	800,56	38936,93	34,8%	53,75	43,87
Новосибирская область	800,40	60684,52	34,0	55,83	45,95
Тюменская область	764,19	46096,54	38,7	274,58	64,76
Карелия Республика	758,44	11927,97	38,4	67,18	48,67
Пензенская область	745,93	39073,91	35,3	37,52	32,36
Курская область	742,57	27120,18	36,3	55,93	40,23
Вологодская область	713,64	19836,39	34,7	75,55	36,41
Саратовская область	703,66	52931,49	35,0	35,73	29,19
Амурская область	673,47	16935,86	35,5	55,24	43,56
Воронежская область	661,20	50472,33	34,9	43,37	37,44
РФ, среднее	705,09	1697769,25	36,1	88,69	45,73

Примечания: ССЗ — сердечно-сосудистое заболевание; ВРП — валовый региональный продукт.
Notes: CVD — cardiovascular disease; GRP — gross regional product.

Моделирование показало, что за 10 лет в РФ можно сократить потери DALY на 1697769,25 лет, что соответствует 115,93 годам на 100 тыс. населения в год. Для сравнения: в 2021 году в России показатель DALY по причине СД 2 типа составил 671,3 года на 100 тыс. населения [14]. Таким образом, прогнозируемое снижение заболеваемости и смертности от ССЗ может обеспечить ежегод-

ное снижение на 17% общих потерь DALY при СД 2 типа.

С учетом средней заработной платы и лет активного трудового периода для разных групп трудоспособного возраста сумма дополнительного вклада в экономику РФ оценивается в 197,8 млрд. рублей за 10 лет. Таким образом, средний ежегодный вклад в экономику может составить 19,8 млрд. рублей.

² В Алтайском крае доля компенсированных больных — 57%, в Пензенской области — 37%.

Дополнительно проводилась оценка экономических выгод в метриках подушевого ВВП (при величине ВВП в 2022 году в 1,534 трлн. рублей, и численности населения на 01.01.2023 г. в 146447424 человек), величина ВВП на душу населения в 2022 г составила 1,047 млн. руб. Расчёт потенциальной экономической выгоды от эффективного контроля заболевания у 2,4 млн. больных трудоспособного возраста, включённых в ФРСД, показывает, что она от сохранённых лет жизни в связи с предотвращёнными сердечно-сосудистыми событиями в метрике ВВП на душу населения может составить 2,135 трлн. руб. за 10 лет или 213,6 млрд. руб. в среднем в год.

Обсуждение / Discussion

Пять проспективных рандомизированных контролируемых исследований [15] с участием 33040 человек, проводившихся для оценки влияния эффективного контроля СД 2 типа на смертность и сердечно-сосудистые исходы по сравнению со стандартным режимом, показали, что интенсивный гликемический контроль снижает частоту нефатальных инфарктов миокарда на 17% (отношение шансов 0,83, 95% ДИ 0,75–0,93) и случаев ишемической болезни сердца на 15% (0,85, 0,77–0,93). Метаанализ двадцати шести исследований [16] со средним периодом наблюдения 2,2–16 лет показал, что объединённый относительный риск, связанный с повышением уровня HbA_{1c} на 1% при СД 2 типа, составил 1,15 (95% ДИ, 1,11–1,20) для смертности от всех причин и 1,17 (95% ДИ, 1,12–1,23) для ССЗ.

Применённая в настоящем исследовании модель UKPDS позволила получить следующие прогнозные результаты: при условии лучшего контроля СД 2 типа половиной больных, включённых в ФРСД, число предотвращённых смертей за 10 лет может составить 124871 случаев. Это соответствует показателю смертности в 83,6 случаев на 100 тыс. населения за 10 лет или в среднем по 8,4 случая ежегодно. Если смертность среди больных с СД 2 типа в России в 2022 году составляла 86,1 случаев на 100 тыс. населения [17], то HbA_{1c} у половины больных СД 2 типа, включённых в ФРСД на 01.01.2023 г., позволил бы снизить показатель смертности на 9,7%.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Участие авторов. Все авторы внесли существенный вклад в подготовку работы, прочли и одобрили финальную версию статьи перед публикацией. Светличная С. В. — разработка дизайна исследования, расчёты, анализ, написание статьи; Попович Л. Д. — концепция исследования, написание статьи и её редактирование.

Анализ чувствительности модели позволил дополнительно установить, что увеличение доли больных СД 2 в трудоспособном возрасте повышает потенциальную выгоду от успешного контроля заболевания. При этом рост на 10% доли женщин трудоспособного возраста среди тех, кто достиг целевых значений, приводит к росту показателя предотвращённых потерь в метриках DALY на 7,2%, а среди мужчин — к росту на 7,4%. Среди лиц старшего возраста увеличение их доли в исследуемой когорте на 10% приводит к меньшему росту показателя предотвращённых потерь лет жизни: на 2,6% в мужской когорте и на 2,8% — в женской когорте.

Учитывая, что наличие ССЗ у больных СД 2 типа увеличивает прямые медицинские затраты на 38,7% [6], снижение числа ССЗ при эффективном контроле заболевания может рассматриваться как дополнительный источник снижения затрат на оказание медицинской помощи.

Полученные результаты свидетельствуют о значимом влиянии контроля рассмотренного заболевания для системы здравоохранения. Однако при всей их весомости их нельзя считать полными. Во-первых, любая модель не может отражать исследуемый объект всеобъемлюще. Во-вторых, появление новых средств и методов контроля может влиять на риски развития и протекания тех или иных заболеваний. В-третьих, база данных UKPDS, лежащая в основе модельных расчётов вероятности исходов для разных групп больных, формировалась задолго до пандемии COVID-19. Уже опубликованы результаты нескольких исследований [18, 19], которые показывают, что у больных после перенесённой коронавирусной инфекции риск возникновения ССЗ повышается. В частности, больные, пережившие первые 30 дней COVID-19, имели следующие повышенные риски: для инсульта (отношение рисков) $HR = 1,52$ (1,43, 1,62); мерцательной аритмии $HR = 1,71$ (1,64, 1,79); ишемической болезни $HR = 1,66$ (1,52, 1,80); сердечной недостаточности $HR = 1,72$ (1,65, 1,80); тромбэмболических заболеваний $HR = 2,39$ (2,27, 2,51). Диабет может влиять на риск сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с COVID-19. Поэтому результаты проведённого моделирования в настоящих условиях можно считать консервативными.

ADDITIONAL INFORMATION

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. Svetlichnaya SV — research design development, calculations, analysis, writing of the article; Popovich LD — research concept, writing, editing of the article.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светличная Светлана Валентиновна — Директор Независимого Института социальных инноваций, Москва, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку

e-mail: svetlichnayasv@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3977-819X>

Попович Лариса Дмитриевна — к. б. н., директор Института экономики здравоохранения ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

e-mail: ldpopovich@hse.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-8704>

РИНЦ SPIN-код: 6960–5528

ABOUT THE AUTHORS

Svetlana V. Svetlichnaya — Head of Independent Institute for Social Innovation, Moscow, Russian Federation

Corresponding author

e-mail: svetlichnayasv@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3977-819X>

Larissa D. Popovich — PhD Biological Sci., Head of Institute of Health Care Economics in the National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russian Federation

e-mail: ldpopovich@hse.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4566-8704>

RSCI SPIN-code: 6960–5528

Литература/References

1. Дедов И.И., Шестакова М.В., Галстян Г.Р. Распространенность сахарного диабета 2 типа у взрослого населения России (исследование NATION). *Сахарный диабет*. 2016;19(2):104–112. [Dedov I.I., Shestakova M.V., Galstyan G.R. The prevalence of type 2 diabetes mellitus in the adult population of Russia (NATION study). *Diabetes mellitus*. 2016;19(2):104–112. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14341/DM2004116-17>.
2. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А. Эпидемиологические характеристики сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический анализ по данным регистра сахарного диабета на 01.01.2021. *Сахарный диабет*. 2021;24(3):204–221. [Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K., Zheleznyakova A.V., Isakov M.A. Epidemiological characteristics of diabetes mellitus in the Russian Federation: clinical and statistical analysis according to the Federal diabetes register data of 01.01.2021. *Diabetes mellitus*. 2021;24(3):204–221. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14341/DM12759>.
3. Stratton IM, Adler AI, Neil HA, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, Hadden D, Turner RC, Holman RR. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ*. 2000 Aug 12;321(7258):405–12. doi: 10.1136/bmj.321.7258.405.
4. Диабетический Атлас, 10–е издание, 2021 [IDF Diabetes Atlas 2021 – 10th edition]. www.diabetesatlas.org
5. Saeedi P, Salpea P, Karuranga S, Petersohn I, Malanda B, Gregg EW, Unwin N, Wild SH, Williams R. Mortality attributable to diabetes in 20–79 years old adults, 2019 estimates: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas, 9th edition. *Diabetes Res Clin Pract*. 2020 Apr;162:108086. doi: 10.1016/j.diabres.2020.108086.
6. Дедов И.И., Концевая А.В., Шестакова М.В., Белоусов Ю.Б., Баланова Ю.А., Худяков М.Б., Карпов О.И. Экономические затраты на сахарный диабет 2 типа и его основные сердечно-сосудистые осложнения в Российской Федерации. *Сахарный диабет*. 2016;19(6):518–527. [Dedov I.I., Koncevaya A.V., Shestakova M.V., Belousov Yu.B., Balanova J.A., Khudyakov M.B., Karpov O.I. Economic evaluation of type 2 diabetes mellitus burden and its main cardiovascular complications in the Russian Federation. *Diabetes mellitus*. 2016;19(6):518–527.]. <https://doi.org/10.14341/DM8153>.
7. Попович Л.Д., Потапчик Е.Г., Светличная С.В. Оценка экономических выгод от реализации эффективных программ борьбы с сахарным диабетом 2-го типа. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2018. – (Серия WP8 «Государственное и муниципальное управление»). – 40 с. [Popovich L.D., Potapchik E.G., Svetlichnaya S.V. Assessing the economic benefits of implementing effective programs to combat type 2 diabetes. National research University “Higher School of Economics”. M.: Publishing house. House of the Higher School of Economics, 2018. – (WP8 Series “State and Municipal Management”). – 40 s.].
8. Галстян Г.Р., Майоров А.Ю., Мельникова О.Г., Холмская Н.И., Хамражанов З.А., Милютин В.И., Шестакова М.В. Клиническая оценка внедрения первой пилотной Российской интегрированной программы комплексного подхода к управлению сахарным диабетом «НОРМА». *Сахарный диабет*. 2023;26(1):30–38. [Galstyan G.R., Mayorov A.Y., Melniko-

- va O.G., Holmskaya N.I., Hamradjanov Z.A., Milyutin V.I., Shestakova M.V. Clinical evaluation of the implementation of the first pilot Russian integrated program for an integrated approach to the management of diabetes mellitus "NORMA". *Diabetes mellitus*. 2023;26(1):30-38. (In Russ.). <https://doi.org/10.14341/DM13008>.
9. Hayes AJ, Leal J, Gray AM, Holman RR, Clarke PM. UKPDS outcomes model 2: a new version of a model to simulate lifetime health outcomes of patients with type 2 diabetes mellitus using data from the 30 year United Kingdom Prospective Diabetes Study: UKPDS 82. *Diabetologia*. 2013 Sep;56(9):1925-33. doi: 10.1007/s00125-013-2940-y.
10. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000–2019 [Internet]. Department of Data and Analytics Division of Data, Analytics and Delivery for Impact WHO, Geneva, 2020 . URL: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/ghodocuments/global-health-estimates/ghc2019_daly-methods.pdf (обращение к ресурсу 12.11.2023).
11. Институт показателей и оценки здоровья, IHME, информационный ресурс: <https://www.healthdata.org/research-analysis/gbd> (обращение к ресурсу 11.11.2023). [Institute for Health Metrics and Evaluation, IHME (resource accessed 11/11/2023)].
12. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. 11-й выпуск. *Сахарный диабет*. 2023;26(2S):1-157. [Standards of Specialized Diabetes Care / Edited by Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu. 11th Edition. *Diabetes mellitus*. 2023;26(2S):1-157. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.14341/DM13042>.
13. Сборник "Труд и занятость в России", 2021 г. Росстат. Таблица 8.34. Trud_2021.pdf (rosstat.gov.ru) (обращение к ресурсу 11.11.2023). https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Trud_2021.pdf. [Collection "Labor and Employment in Russia", 2021. Rosstat. Table 8.34. Trud_2021.pdf (rosstat.gov.ru) (access to resource 11/11/2023)].
14. GBD 2021 Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2023 Jul 15;402(10397):203-234. doi: 10.1016/S0140-6736(23)01301-6. Epub 2023 Jun 22. Erratum in: *Lancet*. 2023 Sep 30;402(10408):1132.
15. Ray KK, Seshasai SR, Wijesuriya S, Sivakumaran R, Nethercott S, Preiss D, Erqou S, Sattar N. Effect of intensive control of glucose on cardiovascular outcomes and death in patients with diabetes mellitus: a meta-analysis of randomised controlled trials. *Lancet*. 2009 May 23;373(9677):1765-72. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60697-8.
16. Zhang Y, Hu G, Yuan Z, Chen L. Glycosylated hemoglobin in relationship to cardiovascular outcomes and death in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2012;7(8):e42551. doi: 10.1371/journal.pone.0042551.
17. Дедов И.И., Шестакова М.В., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Сазонова Д.В., Мокрышева Н.Г. Сахарный диабет в Российской Федерации: динамика эпидемиологических показателей по данным Федерального регистра сахарного диабета за период 2010 – 2022 гг. *Сахарный диабет*. 2023;26(2):104-123. [Dedov I.I., Shestakova M.V., Vikulova O.K., Zheleznyakova A.V., Isakov M.A., Sazonova D.V., Mokrysheva N.G. Diabetes mellitus in the Russian Federation: dynamics of epidemiological indicators according to the Federal Register of Diabetes Mellitus for the period 2010–2022. *Diabetes mellitus*. 2023;26(2):104-123.]. <https://doi.org/10.14341/DM13035>.
18. Xie Y, Xu E, Bowe B, Al-Aly Z. Long-term cardiovascular outcomes of COVID-19. *Nat Med*. 2022 Mar;28(3):583-590. doi: 10.1038/s41591-022-01689-3.
19. Koyama AK, Imperatore G, Rolka DB, et al. Risk of Cardiovascular Disease After COVID-19 Diagnosis Among Adults With and Without Diabetes. *Journal of the American Heart Association*. 2023 Jul;12(13):e029696. DOI: 10.1161/jaha.123.029696.