

ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА РАЗВИТИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА ВТОРОГО ТИПА И ВОЗМОЖНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ

М. С. Зиновьев • О. С. Нургаянова

Аннотация. В целях проектирования и разработки программного обеспечения, предназначенного для прогнозирования и количественной оценки рисков развития сахарного диабета второго типа и его осложнений, приводится анализ ряда научных публикаций, направленных на описание факторов, способствующих развитию риска сахарного диабета второго типа и его осложнений, а также методов профилактики данного заболевания. Проводится сбор и структурирование существующих решений по прогнозированию рисков развития диабета второго типа и его осложнений. Формулируются требования к программному обеспечению, позволяющие на основе опросника, экспертной оценки и методов машинного обучения оценить риски развития сахарного диабета второго типа и его осложнений у пациента в ближайшие пять лет.

Ключевые слова: сахарный диабет второго типа; прогнозирование рисков; индивидуальная оценка риска; профилактика; шкала риска, система оценки рисков.

ВВЕДЕНИЕ

Сахарный диабет второго типа (СД2) – хроническое заболевание, при котором организм не может эффективно использовать инсулин, в достаточном количестве вырабатываемый клетками поджелудочной железы. Инсулин – это гормон, регулирующий уровень глюкозы в крови. Показано [0], что распространенным следствием неконтролируемого диабета является гипергликемия, или повышенный уровень содержания глюкозы (сахара) в крови, со временем приводящая к серьезному повреждению многих систем организма, особенно – нервной системы и кровеносных сосудов.

По данным Международной диабетической федерации (МДФ), на 2013 г. распространенность СД в мире, в возрастной группе 20–79 лет, составила 8,35%, в России – 10,9%. Число больных СД насчитывает 382 млн человек, ожидаемый прирост к 2035 г. составит 55% – 592 млн [0]. В 2019 г. диабет стал непосредственной причиной 1,5 миллиона случаев смерти, и 48% всех связанных с диабетом случаев смерти произошли в возрасте до 70 лет [0].

Стадии развития СД2

В развитии СД2 решающую роль играют два генетически обусловленных фактора: инсулинорезистентность (ИР) и недостаточная секреция инсулина. Наиболее вероятно, что вначале у генетически предрасположенного субъекта начинает нарастать ИР. В результате глюкоза крови перестает поступать в инсулинозависимые ткани (мышечную, жировую), и повышается ее концентрация в крови. Долгое время ИР компенсируется гиперинсулинемией, в результате чего показатели углеводного обмена остаются в пределах нормальных значений. Однако впоследствии при большем нарастании степени ИР В-клетки перестают справляться с увеличившейся нагрузкой, что приводит к постепенному истощению инсулинсекреторной способности. При этом в первую очередь страдает функция быстрой секреции инсулина в ответ на пищевую нагрузку (то есть 1-я фаза секреции инсулина), в то время как 2-я фаза (фаза базальной (постоянной, пассивной) секреции инсулина) остается избыточной (Рис. 1).

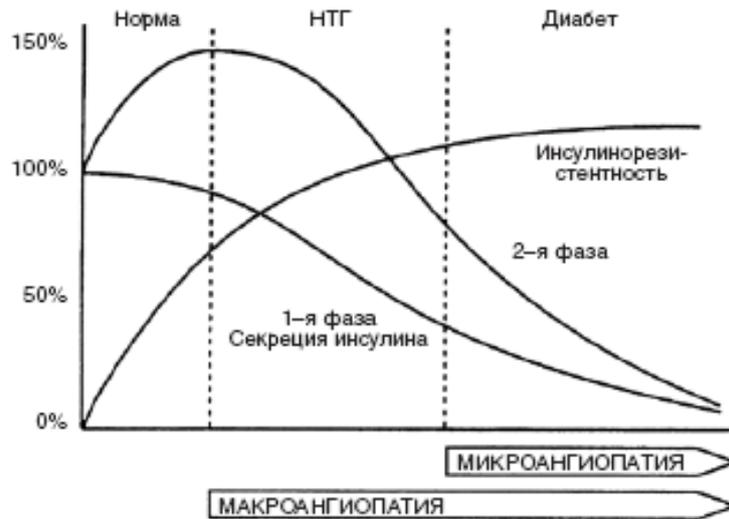


Рис. 1 Стадии развития СД2.

Большой проблемой является диагностировать НТГ. Человек может не обращать внимание на симптомы, вплоть до дебюта сахарного диабета. Существует необходимость в инструментах, позволяющих человеку определить, находится ли он в группе риска заболевания сахарным диабетом, не прибегая к гликемическим анализам крови.

ФАКТОРЫ РИСКА

Шкала риска – это аналитический инструмент, который позволяет оценить состояние здоровья конкретного человека по нескольким ключевым параметрам и на их основе определить для этого человека риск развития того или иного заболевания в течение определенного периода. За каждый ответ на вопрос пользователю начисляются баллы (коэффициент риска), и чем больше баллов в итоге окажется у пользователя, тем выше риск развития СД2 в ближайшие 5–10 лет. Работы по разработке простых, быстрых, недорогих, неинвазивных и надежных шкал для оценки риска СД2 ведутся достаточно давно. Известны следующие шкалы риска:

1. FINDRISC (Финская), чувствительность 78 и 81%, специфичность 77 и 76% [0];
2. AUSDRISK (Австралийская) чувствительность 74,0%, специфичность 67,7% и положительная прогностическая ценность 12,7% [0];
3. IDRS (Индийская), чувствительность 72,5%, специфичность 60,1%, точность 61,3% [0];
4. DeutscheDRS (Немецкая), чем выше риск, тем менее точно шкала может его предсказать: для риска развития СД2 равного 1% чувствительность 97 и 95%, специфичность 49%, для 20% – чувствительность 20 и 97%, специфичность 36 и 96% [0];
5. ADA DRS (Американская), чувствительность 77,8%, специфичность 41,7% [0];
6. CANRISK (Канадская), чувствительность 68 и 77%, специфичность 63 и 44% [0];
7. QDiabetes (Британская), чувствительность 45,9%, специфичность 90,8% [0];
8. CDRS (Кембриджская), чувствительность 77%, специфичность 72% [0].

Все шкалы учитывают возраст и наследственность. Большинство – пол, индекс массы тела, окружность талии, физическую активность, эпизоды повышенного сахара в крови и прием препаратов против гипертензии.

Помимо основных рисков, немецкая шкала делает большой упор на питание, а британская – на истории болезней и принимаемых препаратах. Еще можно выделить уровень образования в канадской шкале (считается, что более образованные люди больше осведомлены о собственном здоровье и о здоровом образе жизни в принципе).

Что касается рисков развития осложнений СД₂, то был обнаружен только один тест: Novo Nordic Risk Assessment Tool, рассчитывает риски сердечного приступа, инсульта, слепоты, почечной недостаточности и ампутации, а также позволяет пронаблюдать, как изменения результатов анализов могут влиять на риски.

Содержание опросника Novo Nordic: немодифицируемые факторы (Возраст; Возраст дебюта диабета; Рост; Пол; ССЗ; Слепота на один глаз; Сердечная недостаточность; Заболевания периферических сосудов; Артериальная фибрилляция), модифицируемые факторы (Употребление никотинсодержащих продуктов; Вес; Физическая активность; HbA_{1c}; Систолическое давление; Общий холестерин; ЛПВП «хороший» холестерин).

Помимо приведенных в тесте Novo Nordic сердечного приступа, инсульта, слепоты, почечной недостаточности и ампутации, осложнениями СД могут являться: Хронические (Ограниченность подвижности суставов [0]; Диабетическая стопа; Полинейропатия [0]; ССЗ (фибрилляция предсердий, ишемическая болезнь сердца, стенокардия); Энцефалопатия [0]); Острые (Диабетический кетоацидоз [0]; Гипогликемия [0]; Гиперосмолярная кома [0]; Лактацидотическая кома) [0]; ССЗ (Острый коронарный синдром, атеросклероз).

В основе развития СД₂ и НТГ лежат два генетически обусловленных механизма: ИР и снижение 1-й фазы секреции инсулина (Рис. 1). Для устранения НТГ и профилактики развития СД₂ необходимо воздействовать на оба патофизиологических звена, нарушающих углеводный обмен: снижать степень ИР и восстанавливать 1-ю фазу секреции инсулина. Развивающаяся при НТГ постпрандиальная гипергликемия сама по себе губительно воздействует на остаточную секрецию инсулина (феномен глюкозотоксичности). Поэтому вполне оправдан метод профилактики СД₂, направленный на снижение всасывания глюкозы после еды.

Устранение инсулинорезистентности. Уменьшение и устранение ИР в профилактике СД₂ возможны двумя способами – немедикаментозным и медикаментозным. Первый способ заключается в изменении образа жизни, направленном на снижение массы тела и основанном на соблюдении жесткой гипокалорийной диеты и регулярном выполнении режима физических нагрузок. Второй способ основан на применении препаратов, устраняющих ИР и одобренных для лечения СД₂: бигуанидов (метформин) или тиазолидиндионов (глитазонов).

Первичная профилактика СД₂, заключающаяся в изменении образа жизни, должна исходить из факторов риска. Некоторые факторы риска могут являться немодифицируемыми. К таким относятся: генетическая предрасположенность, возраст, этническая принадлежность и т. д. Исходя из названия, немодифицируемые факторы не могут быть изменены какими-либо внешними или внутренними воздействиями. Поэтому профилактика сосредотачивается на максимальном уменьшении модифицируемых факторов.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Анализ публикаций по теме прогнозирования рисков развития диабета 2 типа и его профилактики показал, что существует необходимость в разработке программного обеспечения, которое по собранным от пациента данным об его образе жизни, наличествующих симптомах и признаках, могло бы указать на возможное наличие у него нарушения толерантности к глюкозе, а также рассчитать риски развития СД₂ и его осложнений. Разумеется, такое приложение не может заменить консультацию врача-эндокринолога или других специалистов, однако такой простой способ, как короткий опросник, представляется гораздо более удобным как для отдельного человека, позволив ему предварительно оценить свои риски, либо побудить к обращению за профессиональной медицинской помощью или же пересмотреть образ жизни; так и медикам, профильным специалистам, в перспективе дав возможность пользоваться системой поддержки принятия решений (СППР) как вспомогательным инструментом, позволяющим получать количественные оценки как индивидуальных, так и групповых рисков.

Для формирования списка вопросов необходимо составить систему факторов, способствующих эскалации риска СД₂. В качестве способа отображения такой системы была выбрана

диаграмма «галстук-бабочка»: в ее центре – событие-риск, слева – все возможные источники риска, то есть иерархическая структура факторов, которые потенциально могут привести к нежелательному событию, а справа – все потенциальные последствия данного события.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БАЗА

Составление диаграмм. Для максимально точного вычисления риска развития СД2 были собраны факторы из всех выше рассмотренных шкал, а также некоторые факторы, неучтенные ни в одном опроснике, однако в исследованиях [0–0] приводятся доказательства их непосредственной связи с развитием СД2:

- качество сна [0];
- симптомы НТГ [0];
- употребление алкоголя [0];
- прием ингибиторов протонной помпы (ИПП) [0];
- рождение ребенка более 4 килограмм [0];
- жесткость артерий [0].

Полученная диаграмма приведена на Рис. 2.

Составление диаграммы риска развития осложнений СД2 производилось на основе вопросов из Novo Nordic. Дополнительно были приняты во внимание факторы развития других осложнений у пациентов как больных СД2, так и у которых еще не было дебюта.

Полученная диаграмма приведена на Рис. 3.

Определение коэффициентов риска для опросника.

Коэффициенты риска можно получить следующими способами:

1. На основе реальной клинической статистики, однако это очень дорогой способ, который к тому же потребует длительного времени реализации (минимум 5 лет потребуются на сбор статистики). Имеющиеся же в настоящий момент данные не обладают всей полнотой в плане факторов, способствующих развитию СД2.

2. Воспользоваться знаниями врачей-экспертов в области эндокринологии, в частности СД2, которые назначат коэффициенты риска для каждого варианта ответа в опроснике. Далее эти данные можно проанализировать, например, с помощью метода PATTERN или Дельфи, чтобы получить коэффициенты от коллективного разума. Недостатком такого способа является необходимость найти и опросить экспертов, а также нельзя исключать влияние человеческого фактора.

3. Использовать метод PATTERN, но вместо данных, полученных от экспертов, применить содержание шкал, их чувствительность и специфичность, выявленные в исследованиях. Таким образом можно дать максимально точные коэффициенты рисков для каждого варианта ответа. Однако данный метод не позволяет включить дополнительные факторы риска, отсутствующие во всех шкалах, а для риска развития осложнений он и вовсе оказывается непригодным ввиду наличия единственной шкалы Novo Nordic Risk Assessment Tool. Рассмотрим этапы метода PATTERN более подробно:

Шаг 1. Провести оценку степени влияния шкал на цель – предсказание риска развития СД2. В качестве критериев взять чувствительность и специфичность.

Шаг 2. Пропустить оценки экспертов, поскольку в шкалах уже предоставлены итоговые коэффициенты.

Шаг 3. По имеющимся данным строится дерево целей, на котором слева от каждой вершины, исключая корневую, указано значение соответствующей общей оценки. Кроме того, под каждой вершиной нижнего уровня приведен ее общий коэффициент связи с конечной целью, рассчитанный как произведение всех оценок вершин на пути, соединяющем эту вершину с корневой вершиной. Чем выше общий коэффициент связи, тем более значимым он будет являться. Рис. 4 отображает пример дерева целей.



Рис. 2 Диаграмма «галстук-бабочка» «СД2, риск заболевания»

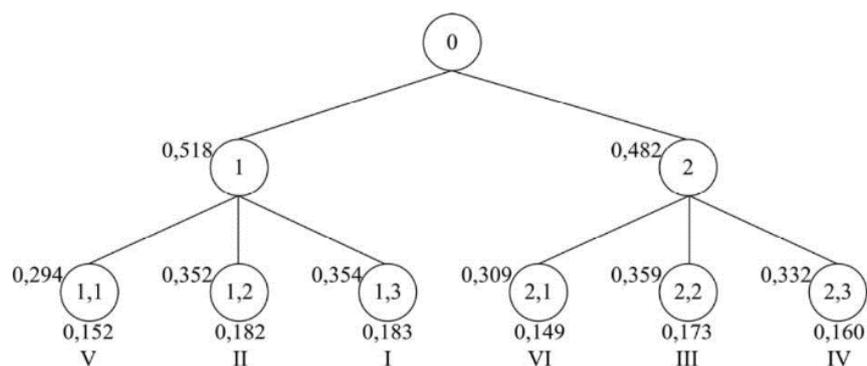


Рис. 4 Пример дерева целей метода PATTERN.

В случае успешного сбора достаточного количества данных пациентов и оценок этих данных врачами-экспертами или, в идеале, наличие реальной статистики заболевания за последние 5 лет, представляется возможным применение методов машинного обучения для вычисления более точных оценок рисков для каждого варианта ответа в опросниках.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКОВ

Предпроектное обследование предметной области позволило сформулировать требования к функциональным возможностям программного обеспечения:

1. Редактирование опросников.
2. Выставление коэффициентов рисков для каждого варианта ответа в опросниках.
3. Сбор данных пациента через опросник в форме теста.
4. Анализ собранных данных и определение итоговых рисков развития СД2 или его осложнений в течение ближайших 5 лет.
5. Формирование отчета, содержащего итоговый риск, список основных факторов, которые на него повлияли, и короткие рекомендации по профилактике модифицируемых факторов риска.
6. Изменение пользователем модифицируемых факторов для наглядной демонстрации их влияния на риски.

На основе собранных данных и экспертной оценки средствами машинного обучения перепределяются коэффициенты рисков для будущих пользователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время не существует удобных программно-технических средств, позволяющих давать количественную оценку рисков развития СД2 и его осложнений, однако проанализированный ряд научных публикаций, описывающие исследования влияния факторов риска на развитие СД2 и его осложнений в течение ближайших 5–10 лет, а также публикации, направленные на выявление эффективности тех или иных методов профилактики СД2, показали, что такая проблема актуальна.

Изучение и анализ существующих шкал, предназначенных для вычисления риска заболевания СД2 и развития его осложнений у пациента в ближайшие 5–10 лет, ставят вопрос о возможности увеличения точности прогнозирования и оценки рисков путем учета более широкого списка факторов, нежели представлены в существующих шкалах. Для чего и были спроектированы две диаграммы типа «галстук-бабочка» для количественной оценки рисков событий – заболевание СД2 и развитие его осложнений.

Проблема развития СД2 и его осложнений в нынешнее время стресса и увеличенных нагрузок практически на каждого человека стоит очень остро для общества. В то же время, не имея в наличии обезличенных баз биомедицинских данных и программно-технических средств, врачи пропускают такую возможность, как оценка рисков развития СД2 и его осложнений для пациента. Предлагаемый авторами подход позволит не только накапливать данные пациентов и получаемые экспертные оценки, но и в дальнейшем использовать этот материал для формирования базы знаний и использовать современные методы анализа данных для прогнозирования и оценки риска развития СД2 и его осложнений и в перспективе выйти на создание СППР врача-эндокринолога.

БЛАГОДАРНОСТИ И ПОДДЕРЖКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках проекта при поддержке гранта РНФ 22-19-00471. Авторы выражают признательность коллегам-участникам проекта, а также другим исследователям за полезные идеи и подходы в области оценивания рисков и обработки биомедицинских данных [23–31].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Всемирная организация здравоохранения. Информационный бюллетень Диабет. 16 сентября 2022 г. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> [[World Health Organization. Diabetes Fact Sheet. September 16, 2022. (In Russian).]]
2. Buse J. B. Progressive use medical therapies in Type 2 diabetes // *Diabetes Spectrum*. 2000. 13(4). P. 211–228.
3. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2019. Results. Institute for Health Metrics and Evaluation. 2020 (<https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>).
4. Никитин Ю. П., Воевода М. И., Симонова Г. И. Сахарный диабет и метаболический синдром в Сибири и на Дальнем Востоке // *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2012. (1). С. 66–74. [[Nikitin Yu. P., Voevoda M. I., Simonova G. I. Diabetes mellitus and metabolic syndrome in Siberia and the Far East // *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2012;(1):66–74. (In Russian).]]
5. Chen L., Magliano D. J., Balkau B., Colagiuri S., Zimmet P. Z., Tonkin A. M., Mitchell P., Phillips P. J., Shaw J. E. AUSDRISK: an Australian Type 2 Diabetes Risk Assessment Tool based on demographic, lifestyle and simple anthropometric measures // *Med J Aust*. 2010. Feb 15;192(4):197–202. doi: 10.5694/j.1326-5377.2010.tb03507.x. Erratum in: *Med J Aust*. 2010 Mar 1;192(5):274. PMID: 20170456.
6. Mohan V., Gokulakrishnan K., Ganesan A., Kumar S. B. Association of Indian Diabetes Risk Score with arterial stiffness in Asian Indian nondiabetic subjects: the Chennai Urban Rural Epidemiology Study (CURES-84) // *J Diabetes Sci Technol*. 2010. 4(2):337–343.
7. Paprott R., Mühlenbruch K., Mensink G. B. M. et al. Validation of the German Diabetes Risk Score among the general adult population: findings from the German Health Interview and Examination Surveys // *BMJ Open Diabetes Research and Care* 2016. 4:e000280. doi:10.1136/bmjdr-2016-000280.
8. Scanlan A. B., Maia C. M., Perez A., Homko C. J., O'Brien M. J. Diabetes Risk Assessment in Latinas: Effectiveness of a Brief Diabetes Risk Questionnaire for Detecting Prediabetes in a Community-Based Sample // *Diabetes Spectr*. 2018. Feb; 31(1):31–36. doi: 10.2337/ds16-0051. PMID: 29456424; PMCID: PMC5813318.
9. Agarwal G., Jiang Y., Rogers Van Katwyk S., Lemieux C., Orpana H., Mao Y., Hanley B., Davis K., Leuschen L., Morrison H. Effectiveness of the CANRISK tool in the identification of dysglycemia in First Nations and Métis in Canada // *Health Promot Chronic Dis Prev Can*. 2018 Feb; 38(2):55–63. doi: 10.24095/hpcdp.38.2.02. Erratum in: *Health Promot Chronic Dis Prev Can*. 2018 Mar;38(2):null. PMID: 29443485; PMCID: PMC5833636.
10. *BMJ* 2017;359:j5019.
11. Rahman M., Simmons R. K., Harding Anne-Helen, Wareham Nicholas J, Griffin Simon J. A simple risk score identifies individuals at high risk of developing Type 2 diabetes: a prospective cohort study // *Family Practice*. Vol. 25. Issue 3. June 2008. P. 191–196. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmn024>
12. Лебедев Н. Б., Кураева Т. Л. Ограничение подвижности суставов – осложнение сахарного диабета у детей и подростков // *Проблемы эндокринологии*. 1994. 40(5):4–7. <https://doi.org/10.14341/probl12154> [[Lebedev N. B., Kuraeva T. L. Restricted joint mobility is a complication of diabetes mellitus in children and adolescents // *Problems of endocrinology*. 1994;40(5):4–7. (In Russian).]]
13. Ковалевская В. Т., Батушин М. М., Кудинов В. И., Терентьев В. П., Рудакова Ю. А. Прогнозирование риска развития микрососудистых осложнений и полинейропатии при сахарном диабете 2 типа // *Сахарный диабет*. 2007. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-riska-razvitiya-mikrososudistykh-oslozhneniy-i-polineyropatii-pri-saharnom-diabete-2-tipa> (дата обращения: 06.03.2023). [[Kovalevskaya V. T., Batyushin M. M., Kudinov V. I., Terentyev V. P., Rudakova Yu. A. Predicting the risk of developing microvascular complications and polyneuropathy in type 2 diabetes mellitus // *Diabetes mellitus*. 2007. No. 2. (In Russian).]]
14. Самойлова Ю. Г., Новоселова М. В., Костюнина А. К., Пирмагомедова Э. Д., Латыпова А. В. Предикторы развития энцефалопатии у пациентов с сахарным диабетом // *Проблемы эндокринологии*. 2013. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prediktory-razvitiya-entsefalopatii-u-patsientov-s-saharnym-diabetom> (дата обращения:

06.03.2023). [[Samoilova Yu. G., Novoselova M. V., Kostyunina A. K., Pirmagomedova E. D., Latypova A. V. Predictors of the development of encephalopathy in patients with diabetes mellitus // *Probl. endocr.*. 2013. No. 5. (In Russian).]]

15. Торшхоева Х. М., Городецкий В. В., Верткин А. Л. Неотложные состояния при сахарном диабете на догоспитальном этапе // *МНС*. 2016. №1 (72). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neotlozhnye-sostoyaniya-pri-saharnom-diabete-na-dogospitalnom-etape-1> (дата обращения: 07.03.2023). [[Torshkheeva Kh. M., Gorodetsky V. V., Vertkin A. L. Emergency conditions in diabetes mellitus at the prehospital stage // *MNS*. 2016. No. 1 (72). (In Russian).]]

16. Скворцов В. В., Скворцова Е. М., Бангаров Р. Ю. Лактат-ацидоз в практике врача-анестезиолога-реаниматолога // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/laktat-atsidoz-v-praktike-vracha-anestezologa-reanimatologa> (дата обращения: 07.03.2023). [[Skvortsov V.V., Skvortsova E.M., Bangarov R.Yu. Lactate acidosis in the practice of an anesthesiologist-resuscitator // *Bulletin of anesthesiology and resuscitation*. 2020. No. 3. (In Russian).]]

17. Бродовская Т. О., Гришина И. Ф., Бабыкина Е. Г., Николаенко О. В., Ковин Е. А., Баженова О. В., Береснева В. Э., Бухарова С. Ю. Интеракции между нарушениями сна, ожирением и сахарным диабетом 2 типа. Ожирение и метаболизм. 2019. 16(4):25-30. <https://doi.org/10.14341/omet9963> [[Brodovskaya T. O., Grishina I. F., Babykina E. G., Nikolaenko O. V., Kovin E. A., Bazhenova O. V., Beresneva V. E., Bukharova S. Yu. Interactions between violations sleep, obesity and type 2 diabetes. *Obesity and metabolism*. 2019;16(4):25-30. (In Russian).]]

18. Мустафина С. В., Симонова Г. И., Рымар О. Д. Сравнительная характеристика шкал риска сахарного диабета 2 типа // *Сахарный диабет*. 2014. 17(3):17-22. (<https://doi.org/10.14341/DM2014317-22>). [[Mustafina S.V., Simonova G.I., Rymar O.D. Comparative characteristics of risk scales for type 2 diabetes mellitus // *Diabetes mellitus*. 2014;17(3):17-22. (In Russian).]]

19. Переверзев В. А. Эпизодическое употребление алкоголя как вероятный фактор риска возникновения сахарного диабета типа 2 // *Вестник Смоленской государственной медицинской академии*. 2014. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epizodicheskoe-upotreblenie-alkogolya-kak-veroyatnyy-faktor-riska-vozniknoveniya-saharnogo-diabeta-tipa-2> (дата обращения: 06.03.2023). [[Pereverzev V. A. Episodic alcohol consumption as a probable risk factor for type 2 diabetes mellitus // *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2014. No. 4. (In Russian).]]

20. Yuan J. et al. *Gut*. 2020. doi: 10.1136/gutjnl-2020-322557

21. Artery stiffness may predict Type 2 diabetes risk better than BP and standard risk factors. American Heart Association. May 16, 2022. Accessed May 17, 2022. <https://newsroom.heart.org/news/artery-stiffness-may-predict-type-2-diabetes-risk-better-than-bp-and-standard-risk-factors-6871750>

22. Юсупова Н. И., Нургаянова О. С., Зулкарнеев Р. Х. Формализация этапов риск-анализа в СППР с учетом оценок клинических рисков при бронхолегочных заболеваниях // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2023. Т. 5. № 1 (10). С. 11–24. [[Yusupova N. I., Nurgayanova O. S., Zulkarneev R. Kh. Formalization of risk analysis stages in DSS taking into account clinical risk assessments for bronchopulmonary diseases // *System Engineering and Information Technologies*. 2023. Vol. 5, No. 1 (10), pp. 11-24. (In Russian).]]

23. Вульфин А. М. Модели и методы комплексной оценки рисков безопасности объектов критической информационной инфраструктуры на основе интеллектуального анализа данных // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2023. Т. 5. № 4 (13). [[Vulfin A. Modes and methods of comprehensive assessment of the safety risks of objects of critical information infra-structure based on intellectual data analysis // *System Engineering and Information Technologies*. 2023. Vol. 5, No. 4 (13). (In Russian).]]

24. Шахмаметова Г. Р., Ахметшин А. А. Обзор современного состояния исследований в области применения машинного обучения в обработке ПГИА данных // *Высшая школа: научные исследования: Мат-лы Межвузовского международного конгресса, Москва, 26 мая 2023 года*. Т. 2. М.: Инфинити, 2023. С. 127–140. [[Shakhmetova G. R., Akhmetshin A. A. Overview of the current state of research in the field of application of machine learning in the processing of PGIA Data // *Higher School: Scientific Research: Materials of the International Congress, Moscow, May 26, 2023*. Volume 2. Moscow: Infinity, 2023. Pp. 127-140. (In Russian).]]

25. Шахмаметова Г. Р., Христуло А. Д., Береговая С. П. Анализ эндокринологических данных на основе моделей классификации // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2022. Т. 4. № 2 (9). С. 30–36. [[Shakhmetova G. R., Christodulo A. D., Beregovaya S. P. Analysis of endocrinological data based on classification models // *System Engineering and Information Technology*. 2022. Vol. 4. No. 2 (9). Pp. 30–36. (In Russian).]]

26. Юсупова Н. И., Богданов М. Р., Сметанина О. Н. Снижение рисков при использовании машинного обучения в диагностике бронхолегочных заболеваний // *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2023. № 1. С. 42–54. [[Yusupova N. I., Bogdanov M. R., Smetanina O. N. A decrease in risks when using machine learning in the diagnosis of bronchopulmonary diseases // *Artificial Intelligence and Decision-Making*. 2023. No. 1, pp. 42-54. (In Russian).]]

27. Yusupova N. I., Smetanina O. N., Sazonova E. Yu. Models and methods of information support in the management of the maintenance and repair of equipment based on artificial intelligence technologies // *Information Technologies*. 2022. Vol. 28. No. 9. Pp. 451–456.

28. Насыров Р. В. Причинный подход к построению бионических вычислений на основе рекурсивных моделей анализа данных // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2022. Т. 4. № 1 (8). С. 27–36. [[Nasyrov R. V. The causal approach to the construction of bionic calculations based on recursive data analysis // *System Engineering and Information Technology*. 2022. Т. 4. No. 1 (8). Pp. 27–36. (In Russian).]]

29. Fabarisov T., Siedel G., Vock S., Morozov A. Aspects of Industrial CPS critical for risk assessment methods // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2021. Т. 3. № 3(7). С. 23–29. DOI 10.54708/26585014_2021_33723. [[Fabarisov T., Siedel G., Vock S., Morozov A. Aspects of Industrial CPS critical for risk assessment methods // *System Engineering and Information Technology*. 2021. Vol. 3, No. 3(7), pp. 23-29. DOI 10.54708/26585014_2021_33723. (In English).]]

30. Groumpos P. P. Fuzzy Cognitive Maps: a new modelling approach in tackling COVID-19 // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2021. Т. 3. № 3(7). С. 5–16. DOI 10.54708/26585014_2021_3375. [[Grumpos P. P. Fuzzy Cognitive Maps:

A New Modelling Approach in Tackling Covid-19 // System Engineering and Information Technologies. 2021. Vol. 3, no. 3 (7), pp. 5-16. DOI 10.54708/26585014_2021_3375. (In English).]]

31. Кочергин Г. А., Муратов И. Н., Куприянов М. А. Оценка и картографирование экологических рисков в информационной системе нефтедобывающего региона // Системная инженерия и информационные технологии. 2021. Т. 3. № 3 (7). С. 65–71. [[Kochergin G. A., Muratov I. N., Kupriyanov M. A. Assessment and mapping of environmental risks in the information system of the oil-producing region // System Engineering and Information Technologies. 2021. Vol. 3, No. 3 (7), pp. 65-71. (In Russian).]]

Поступила в редакцию 27 сентября 2023 г.

МЕТАДАННЫЕ / METADATA

Title: Assessment of the individual risk of developing type 2 diabetes mellitus and possible complications.

Abstract: In order to design and develop software designed to predict the risks of developing type 2 diabetes mellitus and its complications, an analysis is made of several scientific publications aimed at describing the risk factors for type 2 diabetes and its complications, as well as data prevention methods. diseases. The collection and structuring of existing solutions for predicting the risks of type 2 diabetes and its complications is being carried out. Software tools are being designed that allow, based on a questionnaire, expert assessment, and machine learning tools, to establish the risks of developing type 2 diabetes mellitus and its complications in the next 5 years.

Key words: type 2 diabetes; risk forecasting; individual risk assessment; prevention; risk scale.

Язык статьи / Language: русский / Russian.

Об авторах / About the authors:

ЗИНОВЬЕВ Максим Сергеевич

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Магистрант ин-та информатики, математики и робототехники. Работает над дисс. в обл. обработки биомедицинских данных и рисков.

E-mail: mr.zmaks@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5123-3859>

ZUNOVYEV Maksim Sergeevich

Ufa University of Science and Technologies, Russia.
Master's student at the Institute of Computer Science, Mathematics and Robotics. He is preparing a dissertation in the field of biomedical data processing and risks.

E-mail: mr.zmaks@inbox.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5123-3859>

НУРГАЯНОВА Ольга Сергеевна

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия.
Доц. каф. вычислительной математики и кибернетики. Дипл. инж.-программист (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2003). Канд. техн. наук по системам автоматиз. управления (там же, 2006). Иссл. в обл. разр. новых материалов и искус. интеллекта.

E-mail: onurgayanova@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2978-3662>

NURGAYANOVA Olga Sergeyevna

Ufa University of Science and Technologies, Russia.
Docent, Dept. of Computational Mathematics and Cybernetics. Dipl. Programmer Engineer (Ufa State Aviation Tech. Uni., 2003). Cand. of Tech. Sci. (Ufa State Aviation Tech. Uni., 2006). Research: New Materials Development, Artificial Intelligence.

E-mail: onurgayanova@yandex.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2978-3662>