

18. Voronina N.V. Hygienic assessment of Residues in vegetable products of protected soil. Science and innovation. International scientific journal Volume 3 Issue 4, 2024 P.296-301.

19. Więch P., Chmiel Z., Bazaliński D., Sałacińska I., Bartosiewicz A., Mazur A., Korczowski B., Binkowska-Bury M., Dąbrowski M. The Relationship between Body Composition and a Gluten Free Diet in Children with Celiac Disease. Nutrients. 2018; 10:E1817.

20. Zuccotti G., Fabiano V., Dilillo D., Picca M., Cravidi C., Brambilla P. Intakes of nutrients in Italian children with celiac disease and the role of commercially available gluten-free products. J. Hum. Nutr. Diet. 2013;26:436–444.

**УДК 613.2**

### **ЦИФРОВАЯ НУТРИЦИОЛОГИЯ: ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ РЕШЕНИЙ ПО АНАЛИЗУ РАЦИОНА ПИТАНИЯ**

*Зулькарнаев Т.Р.<sup>1</sup>, Шарафутдинов А.Я.<sup>1</sup>, Степанов Е.Г.<sup>2</sup>, Харисова З.И.<sup>3</sup>,  
Зулькарнаева Э.Т.<sup>4</sup>, Воскресенская Е.К.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»,*

*<sup>2</sup>УфНИИ медицины труда и профессиональных заболеваний Роспотребнадзора,*

*<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,*

*<sup>4</sup>Башкирский республиканский онкологический диспансер*

**Аннотация.** Одним из направлений Стратегии научно – технологического развития Российской Федерации согласно Указу Президента РФ №145 от 28.02.2024 г. является переход к персонализированной, предиктивной и профилактической медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения. С учетом развития современной медицины на основе персонализации, заключающейся в сборе, анализе и использовании информации по каждому пациенту с учетом его особенностей, в том числе питания, физического развития и индивидуальных особенностей его пищевого поведения, а также тотальной цифровизации практически всех управленческих процессов в сфере здравоохранения требуется детально рассмотреть тенденцию трансформации классической нутрициологии в цифровую форму, провести обзор имеющихся в настоящее время решений в указанной области, сформировать прогноз по их дальнейшему развитию и применению, а также определить непосредственную связь с глобальными рынками будущего «Хелснет» и «Фуднет» и возможности частичной виртуализации указанной сферы.

**Ключевые слова:** здоровье населения, персонализированное профилактическое питание, энергетическая и пищевая ценность блюд, цифровая нутрициология.

## **Digital Nutritionology: Forecast of the Development of the Market for Personalized Solutions for Diet Analysis**

*Zulkarnaev T.R.<sup>1</sup>, Sharafutdinov A.Ya.<sup>1</sup>, Stepanov E.G.<sup>2</sup>, Kharisova Z.I.<sup>3</sup>,  
Zulkarnaeva E.T.<sup>4</sup>, Voskresenskaya E.K.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>, FSBEI HE "Bashkir State Medical University" MOH Russia, Ufa  
<sup>2</sup>UfNII of Occupational Medicine and Occupational Diseases of Rospotrebnadzor,  
<sup>3</sup> FSBEI HE Ufa University of Science and Technology,  
<sup>4</sup> Bashkir Republican Oncological Dispensary*

**Abstract.** One of the priorities of the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation, as outlined in the Decree of the President of the Russian Federation №145 of 28 February 2024, is the transition to personalized, predictive, and preventive medicine, as well as high-tech healthcare and health-promoting technologies. Considering the development of personalized medicine, which involves collecting, analyzing, and using information about each patient's characteristics, including their nutritional status, physical development, and individual eating habits, as well as considering the digitalization of nearly all management processes within the healthcare sector, it is essential to carefully examine the trend towards the transformation of classic nutrition science into a digital format. It is necessary to review current solutions in this field, make predictions regarding their future development and implementation, and establish a direct connection with global markets such as Helsnet and Foodnet, as well as explore the potential for the partial virtualization of this sector.

**Key words:** public health, personalized preventive nutrition, energy and nutritional value of dishes, digital nutritionology,

**Введение.** Указом Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» определены приоритетные направления научно-технологического развития страны на ближайшие десять лет, которые позволят развить отечественные наукоемкие технологии [1]. Одним из существенных направлений вышеуказанной Стратегии является переход к персонализированной, предиктивной и профилактической медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям здоровьесбережения.

Кроме того, в рамках национальных технологических инициатив (программа мер по созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 году) сформированы рынки, в которых будет сосредоточена возможность создания отраслей нового технологического уклада, значимых с точки зрения обеспечения национальной безопасности и высокого уровня жизни граждан. Предполагается, что сформированные рынки будут реализованы по прошествии 10-15 лет, два из которых («Хелснет» и «Фуднет»)

[2], отчасти, затрагивают область нутрицевтики, в основе которой лежит подход, подразумевающий употребление продуктов не только для питания, но и с целью профилактики и предупреждения болезней.

С учетом развития современной медицины на основе персонализации, заключающейся в сборе, анализе и использовании информации по каждому пациенту с учетом его особенностей, в том числе питания, физического развития и индивидуальных особенностей его пищевого поведения, а также тотальной цифровизации практически всех управленческих процессов в сфере здравоохранения необходимо детально рассмотреть тенденцию трансформации классической нутрициологии в цифровую форму, провести обзор имеющихся в настоящее время решений в указанной области, сформировать прогноз по их дальнейшему развитию и применению, а также определить непосредственную связь с глобальными рынками будущего «Хелснет» и «Фуднет» и возможности частичной виртуализации указанной сферы.

В настоящее время фактор здорового питания признан одним из ключевых компонентов глобальной стратегии Всемирной организации здравоохранения, по данным которой 60% причин смертности людей напрямую связаны с проблемами питания [3]. Кроме того, показано, что 80% неблагоприятных факторов окружающей среды оказывают влияние на организм человека через пищевые продукты и воду. По этой причине изучение фундаментальных механизмов ассимиляции пищевых и биологически активных веществ (нутрициологии) является одним из ведущих научных направлений во всем мире. В основе всех современных концепций о здоровом питании лежит идея определения индивидуального и оптимального рациона питания [4], которая обеспечит потребности организма не только в эссенциальных макро и микронутриентах, но и различных биологически активных компонентов пищи.

Так, в базовом ядре рынка превентивной медицины дорожной карты «Хелснет» к 2035 году предполагается развитие персональной фармакологии и диетологии, в том числе основанной на анализе генома, протеома, иммунома, метаболома и микробиома человека, а также рост спроса на биоактивные добавки и нутрицевтические препараты. При этом предметом работы рынка Фуднет является формирование глобально конкурентоспособной российской «пищевой индустрии 4.0» – новых решений, основанных на цифровизации [5] и различных сетевых моделях, кастомизации продуктов, услуг и биотехнологиях.

В настоящее время цифровые решения, связанные с искусственным интеллектом (далее – ИИ), сбором и обработкой больших данных, оказались не только экономически доступными, но и функционально оправданными для индивидуального потребления. Эти процессы подстегнули развитие рынков информатизации, в том числе и цифровизации

нутрициологии. Относительная дешевизна конечных устройств и фактический устоявшийся стандарт взаимодействия с цифровым окружением через мобильные устройства (смартфоны) довольно четко определяют контуры современного рынка медицинских данных и интеллектуальных технологий обработки информации. Данный сегмент включает в себя проектирование и реализацию устройств и сервисов по мониторингу и коррекции состояния здоровья человека: сбору анализу и интерпретации данных о состоянии организма, формировании рекомендаций по лечению и питанию, на основе полученных данных, реализации на их базе системы поддержки принятия медицинских решений (MDSS-систем), и другие аспекты применения информационных технологий.

Следует отметить, что в настоящее время уже существует множество решений в области цифровой нутрициологии, которые позволяют сформировать оптимальный рацион питания для различных категорий населения [6, 7], в условиях различных воздействующих факторов [8, 9], а также оценить влияние некоторых социально-гигиенических факторов на показатели уровня здоровья [10]. Кроме того, авторами на протяжении десяти лет ведется активная работа по разработке и оптимизации алгоритмов построения оптимального рациона питания обучающихся различных возрастных групп.

Так, реализованы, апробированы и запатентованы: программа для мониторинга алиментарных факторов, необходимых для поддержания динамического равновесия между человеком как сформировавшимся в процессе эволюции биологическим видом и окружающей средой [11]; программа для анализа взаимосвязей между показателями качества жизни человека и его пищевым статусом (анализ норм физиологических потребностей в энергии и эссенциальных веществах для обучающихся высших учебных заведений с определением адекватных уровней потребления макронутриентов, выдачей обоснованной оценки сформированного рациона питания с учетом возрастного периода жизни человека и пр.) [12]; программа для мониторинга алиментарных факторов и макронутриентов, необходимых для поддержания динамического равновесия между человеком как сформировавшимся в процессе эволюции биологическим видом и окружающей средой [13]; программа для формирования рациона питания по ингредиентам входящих в него блюд и его графического анализа по химическому составу и энергетической ценности (определение отклонения сформированного рациона питания от суточной нормы по возрастным категориям с отображением данных по 30 различным показателям, генерация сравнительных диаграмм по основным нутриентам, витаминам и энергетической ценности, экспорт расчетных данных и т.д. [14]; программа для автоматизированного формирования рациона питания обучающихся общеобразовательных учреждений по ингредиентам входящих в него блюд заданной рецептуры, его графического анализа по химическому составу и

энергетической ценности [15]; программа для расчета энергетической и пищевой ценности блюд и продуктов питания, входящих в рацион больных с различными стадиями заболевания туберкулезом легких [16], программа для анализа калорийности и химического состава суточного рациона питания населения по различным группам физической активности (по 28 показателям, в том числе расчет белков и жиров по происхождению, углеводов по молекулярной массе, витаминов А, В и Е по их эквивалентам) [17], а также зарегистрирована региональная база данных, которая служит основой для указанных программ по расчету химического состава продуктов для организации питания (база данных позволяет оценить химический состав рациона питания по множеству показателей, в том числе провести расчет белков и жиров по происхождению, углеводов по молекулярной массе, витамина А и Е по их эквивалентам) [18].

В настоящее время в области реализации MDSS-систем в целях повышения эффективности медицинских услуг очень быстро развиваются технологии искусственного интеллекта (далее – ИИ) и интернета медицинских вещей (далее – IoMT). Так, показатели жизнедеятельности пациентов в режиме реального времени, собранные устройствами IoMT, зачастую используются системами ИИ [19] для поддержки принятия медицинских решений и помощи врачам в прогнозировании и диагностике заболеваний, либо для формирования рекомендаций по эффективному питанию, лечению и пр. Одним из ярких примеров такого рода систем является разработка «Нутриент Планнер» [20], которая представляет собой интеллектуальный сервис для медицинских учреждений, диетологов и нутрициологов. Указанная программа максимально эффективно и оперативно составляет персонализированный рацион питания на основе ИИ. В то же время разработка позволяет врачу не только проводить онлайн-анкетирование и получать информацию из электронного пищевого дневника больного, но и осуществлять точные расчеты потребляемых веществ и по полученным данным самостоятельно генерировать индивидуальный рацион на основе обширной базы рецептов.

В этом контексте интеграция искусственного интеллекта и IoMT в системы поддержки медицинских решений потенциально может изменить способ предоставления медицинских услуг, повысив эффективность, точность и доступность процесса выдачи рекомендаций, в том числе по питанию. Таким образом, искусственный интеллект и технология интернета медицинских вещей позволяют специалистам принимать более взвешенные решения, уменьшить количество ошибок и обеспечить персонализированный уход за пациентами. Кроме того, указанная технология потенциально может повысить уровень удовлетворенности пациентов, в целом снизить расходы на здравоохранение и улучшить результаты коррекции здоровья.

Можно сделать вывод, что основными факторами, оказывающими существенными влияние в области внедрения ИТ в нутрициологии стали: падение цен на использование информационных технологий в индустрии medtech; рост количества приложений для поддержки принятия решений в сфере медицины и охраны здоровья; рост числа носимых гаджетов, собирающих медицинские данные и выдающих рекомендации по коррекции здоровья и формирования рациона питания; рост интереса к персональным динамическим трекам управления здоровьем и пр.

Развитие сегмента рынков «Хелснет» и «Фуднет» опирается именно на бурный рост рынка решений ИТ, описанный ранее, а также на достижения лидеров рынка, разрабатывающих системы регистрации, сбора, обработки, хранения и распространения информации,

Необходимо также рассмотреть одну из наиболее перспективных на текущий день технологий в области персонифицированной медицины – создание цифровых двойников (от англ. – digital twin). Технология создания цифровых двойников позволяет интегрировать данные в реальном времени, расширить аналитику и виртуальное моделирование для повышения эффективности оказания помощи пациентам, обеспечить прогностическую аналитику, оптимизировать протоколы лечения или выдачи рекомендаций по питанию, облегчить обучение молодых специалистов, сформировать возможность «симуляции» различных отклонений по питанию человека и апробировать множество вариаций врачебных решений.

Благодаря возможностям сбора и анализа огромного количества данных о пациентах из различных источников технология виртуализации «digital twins» может предлагать персонализированные планы лечения или коррекции питания, основанные на индивидуальных характеристиках, истории болезни и физиологических данных в режиме реального времени. Прогностическая аналитика и профилактические вмешательства в указанных системах стали возможными благодаря алгоритмам машинного обучения, позволяющим на ранней стадии выявлять риски для здоровья и принимать упреждающие меры.

Кроме того, принятие решения становится единственным возможным вариантом, без страха принятия всех потенциально возможных решений (даже путем перебора), поскольку, например, смерть виртуального двойника или неприменимость того или иного плана питания становится уже не самым страшным исходом для врача. Соответственно, цифровые двойники могут обеспечить безопасную и реальную среду для специалистов, позволяющую им не только совершенствовать свои навыки и практиковать сложные процедуры. Внедрение технологии цифровых двойников в MDSS-системах может значительно улучшить

результаты лечения пациентов, повысить уровень безопасности пациентов, задействованных в протоколах лечения или коррекции питания, стимулировать инновации в отрасли здравоохранения.

Таким образом, можно сделать вывод, что индустрия медицинских технологий (medtech) на сегодняшний день играет важную роль для различных систем в области здравоохранения в достижении лучших результатов диагностики, прогнозирования заболеваний пациентов, коррекции протоколов лечения и планов питания, снижении затрат и повышении эффективности принимаемых врачебных решений. При этом, будущее цифровой нутрициологии лежит в направлении виртуализации (реализации цифровых двойников пациента) с целью формирования и апробации единственно верного оптимального рациона питания.

### Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. Официальный интернет-портал комплексной программы «Национальные технологические инициативы» по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства Российской Федерации к 2035 году URL: <https://nti2035.ru/markets>, дата обращения 31.03.2024.
3. Нутрициология: учебник / Л. З. Тель, Е. Д. Далснор, А. А. Абдуллаева, И. Э. Коман. – Москва: Литтерра, 2021. – 544 с.
4. Цифровая персонифицированная нутрициология: проблемы и решения / М.Б.Гавриков [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2020. № 25. 36 с. <http://doi.org/10.20948/prepr-2020-25>.
5. Бессонова В.В., Княгинина В.Н., Липецкой М.С. Нутрициология-2040. Горизонты науки глазами ученых: обзор. СПб.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад», 2017. 105 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024611378 Российская Федерация. Электронный учебник «Расчет сбалансированного пищевого рациона для различных групп населения»: № 2023687514: заявл. 11.12.2023: опубли. 19.01.2024 / Р. С. Омаров, С. Н. Шлыков; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет».

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686361 Российская Федерация. Автоматизированная система расчета потребности в калориях и питательных веществах: № 2023685846: заявл. 24.11.2023: опубл. 06.12.2023 / А. В. Бочаров.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617290 Российская Федерация. Оценка (расчет) оптимальной энергетической и пластической ценности суточного рациона спортсменов - юниоров: № 2023610149: заявл. 09.01.2023: опубл. 07.04.2023 / М. П. Дьякович, М. В. Кривов, Н. В. Ефимова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023620717 Российская Федерация. База данных мониторинга питания обучающихся: № 2022623993: заявл. 23.12.2022: опубл. 27.02.2023 / В. Н. Иванова, Н. М. Портнов.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667932 Российская Федерация. Оценка влияния некоторых социально-гигиенических факторов на показатели уровня здоровья студенческой молодежи: № 2023666549: заявл. 08.08.2023: опубл. 21.08.2023 / М. В. Попов, Н. Е. Нехаенко, О. Н. Опоров; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022611657 Российская Федерация. Нутриом-Оптим: № 2022610626: заявл. 19.01.2022: опубл. 28.01.2022 / Т. Р. Зулкарнаев, Э. Т. Зулкарнаева, Е. К. Воскресенская [и др.].

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617861 Российская Федерация. Нутриом-статус: № 2022617127: заявл. 19.04.2022: опубл. 26.04.2022 / Е. А. Поварго, Э. Т. Зулкарнаева, Е. К. Воскресенская [и др.].

13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618327 Российская Федерация. Нутриом-макро: № 2022617130: заявл. 19.04.2022: опубл. 05.05.2022 / Т. Р. Зулкарнаев, Э. Т. Зулкарнаева, Е. К. Воскресенская [и др.].

14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661166 Российская Федерация. Нутриментум: № 2020619754: заявл. 31.08.2020: опубл. 18.09.2020 / З. И. Харисова, Т. Р. Зулкарнаев, Е. К. Воскресенская, Э. Т. Зулкарнаева ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет».

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613906. Определение обеспеченности пищевыми веществами больных туберкулезом легких: № 2014611483: заявл. 25.02.2014 / З. И. Харисова, Т. Р. Зулкарнаев, Х. К. Аминев [и др.]; заявитель Харисова З.И., Зулкарнаев Т.Р., Зулкарнаева А.Т., Аминев Х.К., Аминев Э.Х.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613695. Оценка энергетической и пищевой ценности рациона питания населения: № 2014611456: заявл. 25.02.2014 / З. И. Харисова, А. И. Лукманов, П. В. Кожин, Б. Р. Зулкарнаев; заявитель Лукманова А.И., Зулкарнаев Б.Р., Харисова З.И., Кожин П.В.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613905. Расчет химического состава продуктов для организации питания в общеобразовательных учреждениях: № 2013611694: заявл. 04.03.2013.

18. З. И. Харисова, И. И. Курбангалиев, Е. А. Поварго, А. Т. Зулкарнаева ; заявитель Харисова З.И., Зулкарнаева А.Т., Поварго Е.А., Курбангалиев И.И.. – EDN VXMUMR.

19. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2013620542. Химический состав продуктов, блюд и кулинарных изделий для организации питания в общеобразовательных учреждениях: № 2013620208: заявл. 06.03.2013 / Т. Р. Зулкарнаев, А. Т. Зулкарнаева, Е. А. Поварго [и др.]; заявитель Зулкарнаев Т.Р., Зулкарнаева А.Т., Поварго Е.А., Курбангалиев И.И., Овсянникова Л.Б.

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023660364 Российская Федерация. Мониторинг адаптационных резервов организма и фактического рациона питания человека для коррекции его пищевого статуса, повышения резервов адаптации и накопления обучающих данных для интеллектуальной модели. АПК "Резервы здоровья", версия ValeoNutriTest": № 2023611825: заявл. 03.02.2023: опубли. 19.05.2023 / Е. Е. Ачкасов, М. Ю. Баландин, В. С. Генералов [и др.]; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Индивидуальная диета».

21. Официальный интернет-портал «Научная Россия» URL: <https://scientificrussia.ru>, дата обращения 31.03.2024.