

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2582>
<https://elibrary.ru/GGXUJC>

Обзорная статья
<https://fptt.ru>

Потребительская геномика: роль в персонализации питания



А. Ю. Просеков^{ORCID}, А. Д. Веснина^{ORCID*}, Н. А. Любимова,
Д. Ю. Чекушкина^{ORCID}, Е. С. Михайлова^{ORCID}

Кемеровский государственный университет^{ORCID}, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 24.03.2025
Принята после рецензирования: 30.04.2025
Принята к публикации: 06.05.2025

А. Д. Веснина: koledockop1@mail.ru,
<https://orcid.org/0000-0002-4552-7418>
А. Ю. Просеков: <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>
Д. Ю. Чекушкина: <https://orcid.org/0009-0002-3826-8048>
Е. С. Михайлова: <https://orcid.org/0000-0002-0673-0747>

© А. Ю. Просеков, А. Д. Веснина, Н. А. Любимова,
Д. Ю. Чекушкина, Е. С. Михайлова, 2025



Аннотация.

Развитие omics-технологий открыло потребителям доступ к персонализированному подходу по профилактике заболеваний, что привело к росту спроса на коммерческое генетическое тестирование без консультирования врачей (потребительская геномика), в том числе нутригенетическое. Персонализация питания (с учетом генетических, фенотипических, климат-географических и экологических данных), по сравнению с общепринятыми универсальными диетическими рекомендациями, является эффективным профилактическим средством. Целью данной работы являлось изучение пути развития потребительской геномики с акцентом на нутригенетическое тестирование, которое используется для формирования персонализированных рационов питания.

В ходе работы проводился систематический обзор научной (на базе PubMed, ScienceDirect, eLIBRARY.RU) и научно-популярной литературы, а также маркетинговых отчетов. Глубина поиска с 2020 по 2025 гг. При изучении библиографических ссылок обнаружены и включены работы с 2012 г., посвященные тематике данного исследования.

Выделены основные этапы в развитии геномики человека, стимулирующие появление персонализированного питания как примера потребительской геномики. Описаны основные причины популяризации и особенности российского рынка точного питания. Рассмотрены нутригенетика, нутригеномика, использование данных полногеномных ассоциативных исследований, расчеты полигенного индекса риска, эпигенетика, метаболомика в исследованиях микробиома потребителей. Подчеркнута роль биоинформатики и машинного обучения в обработке и интерпретации персонализированных данных. Знание своих генетических рисков значительно повышает мотивацию потребителей к изменению образа жизни. Рассмотрены передовые зарубежные и российские компании в области генетических исследований и персонализации питания. Затронута проблема нормативно-правового регулирования, отсутствующего контроля генетического тестирования компаниями direct-to-consumer.

Персонализация питания возможна благодаря грамотному использованию междисциплинарных достижений, соблюдению этических норм, а также при исполнении и расширении нормативно-правовой основы. Однако для внедрения персонализированного питания в область здравоохранения необходимы доклинические и клинические исследования.

Ключевые слова. Генетика, генетическое тестирование, omics-технологии, нутригенетика, персонализированное питание, диета, нутригеномика, здоровье

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Исследование потенциала ростостимулирующих бактерий для повышения агрономической биофортификации пшеницы» (шифр FZSR-2024-0009).

Для цитирования: Просеков А. Ю., Веснина А. Д., Любимова Н. А., Чекушкина Д. Ю., Михайлова Е. С. Потребительская геномика: роль в персонализации питания. Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55. № 2. С. 400–415. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2582>

Consumer Genomics in Personalized Nutrition



Alexander Yu. Prosekov^{ID}, Anna D. Vesnina*^{ID},
Nadezhda A. Lyubimova, Darya Yu. Chekushkina^{ID},
Ekaterina S. Mikhailova^{ID}

Kemerovo State University^{ROR}, Kemerovo, Russia

Received: 24.03.2025

Revised: 30.04.2025

Accepted: 06.05.2025

*Anna D. Vesnina: koledockop1@mail.ru,

<https://orcid.org/0000-0002-4552-7418>

Alexander Yu. Prosekov: <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>

Darya Yu. Chekushkina: <https://orcid.org/0009-0002-3826-8048>

Ekaterina S. Mikhailova: <https://orcid.org/0000-0002-0673-0747>

© A.Yu. Prosekov, A.D. Vesnina, N.A. Lyubimova, D.Yu. Chekushkina,
E.S. Mikhailova, 2025



Abstract.

Omics technologies give consumers access to personalized disease prevention. Today, commercial genetic testing is very popular. For instance, nutrigenetic testing requires no medical consultation or prescription. Personalized nutrition is an informed diet choice based on genetic, phenotypic, climatic, geographical, and environmental data. It is a more effective preventive measure than standard dietary recommendations. This article describes the state and prospects of consumer genomics with an emphasis on nutrigenetic testing as a basis for personalized dietary choice.

The review covered scientific publications registered in PubMed, ScienceDirect, and eLIBRARY.RU in 2012/2020–2025, as well as popular science literature and marketing reports.

The development of human genomics had passed through several stages before it gave start to personalized nutrition as part of consumer genomics. Its popularization on the Russian nutrition market has its own peculiarities. The topic field includes such aspects as nutrigenetics, nutrigenomics, genome-wide association studies, polygenic risk index, epigenetics, and metabolomics of microbiome. The bioinformatics and machine learning help to process and interpret personalized data. Genetic risks awareness increases the motivation for healthier lifestyle choices. While the field of genetic research and personalized nutrition is run by some foreign and Russian direct-to-consumer companies, legal regulation remains a vague issue in this sphere.

Personalized nutrition requires a competent use of interdisciplinary achievements combined with ethical standards and regulatory norms. However, serious preclinical and clinical studies are needed to introduce personalized nutrition into the state healthcare system.

Keywords. Genetics, genetic testing, omics technologies, nutrigenetics, personalized nutrition, diet, nutrigenomics, health

Funding. The work was carried out within the framework of the state task on the topic “Research of the potential of growth-stimulating bacteria to increase the agronomic biofortification of wheat” (code FZSR-2024-0009)

For citation: Prosekov AYu, Vesnina AD, Lyubimova NA, Chekushkina DYu, Mikhailova ES. Consumer Genomics in Personalized Nutrition. Food Processing: Techniques and Technology. 2025;55(2):400–415. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-2-2582>

Введение

Неправильное питание и недостаточная физическая активность рассматриваются как основные факторы риска развития социально-значимых заболеваний, таких как сахарный диабет 2 типа, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, многие виды рака и др. Поэтому востребованы мероприятия, направленные на улучшение и поддержание здоровья через правильный образ жизни и питание. Большинство современных стратегий по снижению риска развития заболеваний основаны на универсальных общепринятых диетических рекомендациях [1]. Несмотря

на все реализуемые мероприятия, отмечается ежегодный рост числа зарегистрированных случаев заболеваний (рис. 1). Следовательно, имеется необходимость усовершенствования стратегии правильного питания.

Благодаря современному развитию науки и техники, понятие правильное питание можно трактовать как персонализированное (точное питание) [3]. Это рацион, подобранный с учетом индивидуальных особенностей (антропометрические данные, текущее состояние здоровья и генетические особенности организма [4–7]) потребителя и его личных



Рисунок 1. Заболеваемость населения социально-значимыми заболеваниями, связанными с питанием (составлено на основе данных Минздрава России [2]): а – динамика социально-значимых заболеваний, тыс. человек; б – заболеваемость населения в 2023 г., тыс. человек

Figure 1. Nutrition-related socially significant diseases (Russian Ministry of Health [2]): а – dynamics, thousand people; б – incidence in 2023, thousand people

предпочтений. В последнее время для данного рациона изучают состояние микробиоты желудочно-кишечного тракта. Персонализированное питание как часть концепции 4П (персонализация, превентивность, предикция, партисипативность) в здравоохранении является более эффективным профилактическим средством, чем универсальные диетические рекомендации [8–13].

Для персонализации питания необходимо проведение генетического тестирования. Изучение генетики человека поддерживалось передовыми технологиями секвенирования и полимеразной цепной реакции, которые позволили приблизиться к пониманию взаимосвязи между генетическими особенностями и здоровьем человека [14]. Изучение генетических особенностей – важный этап в концепции 4П в здравоохранении [15]. С развитием науки и техники генетическое тестирование становится более доступным для потребителей, заинтересованных в поддержании своего здорового состояния. Сегодня на рынке представлено относительно большое количество российских и зарубежных компаний, работающих в сфере генетического тестирования с целью персонализации питания. Этим занимается генетика питания, которая подразделяется на нутригенетику, изучающую воздействие генетических особенностей на метаболизм нутриентов, и нутригеномику, рассматривающую влияние нутриентов на экспрессию генов [8, 12, 16, 17].

Целью данной работы является изучение пути развития потребительской геномики с акцентом на нутригенетическое тестирование, используемое для формирования персонализированных рационов питания.

Для реализации поставленной цели выделены задачи:

1. Изучить путь развития геномики с акцентом на персонализацию питания и состояние рынка генетических исследований.
2. Изучить особенности omics-методов, используемых в персонализации питания.
3. Рассмотреть влияние информации о генетических рисках на поведение потребителя в отношении своего образа жизни (в частности питания).
4. Определить компании, занимающиеся генетическим тестированием с целью персонализации.

Авторам статьи не удалось найти научные работы, в которых данные задачи рассматривались в совокупности для персонализации питания, что составляет новизну данного исследования.

Результаты, полученные в ходе данного систематического обзора, станут основой для формирования методик и подходов к персонализации рациона с целью профилактики населения.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись научно-популярные и научные статьи, а также маркетинговые отчеты. Поиски научных статей осуществлялись на ресурсах

PubMed, ScienceDirect и научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU. Статьи, включенные в данный обзор, опубликованы на английском и русском языках. Ключевые слова поиска: direct-to-consumer, personal genetic, генетическое тестирование, нутригенетическое тестирование, персонализированное питание, точное питание, потребительская геномика, генетика человека. Глубина поиска с 2020 по 2025 гг. Однако, изучая библиографические ссылки научных работ, были найдены публикации, посвященные тематике данного исследования, опубликованные с 2012 г., которые также включены в настоящий обзор.

Для оценки современного состояния рынка генетических технологий, нутригенетического тестирования и персонализированного питания использовались ресурсы, содержащие научно-популярные статьи и маркетинговые отчеты (Русбейс (Rb.ru), Mordor Intelligence Source, SmartConsult, Verified Market Reports, Nebula Genomics).

Результаты и их обсуждение

Путь развития геномики человека, с акцентом на персонализацию питания. Рыночная оценка. В ходе анализа научной литературы установлены этапы в развитии геномики человека, которые влияют на доступность и популяризацию концепции 4П в области здравоохранения (рис. 2).

Развитие генетики человека привело к повышенному вниманию к персонализированной медицине и к персонализированному питанию. Данный интерес обусловлен популяризацией здорового образа жизни и публикацией прорывных научных данных. Успешная реализация проекта «Геном человека» способствовала возникновению исследований в области персонализированных подходов к питанию. С 2000 гг. в США и странах Европы началось активное развитие гене-

тики питания (нутригеномики и нутригенетики). Несмотря на сформированную базу знаний о типе нутриента и его воздействие на организм потребителя и о генетических особенностях и их влиянии на метаболизм нутриентов, не удалось разработать подход, который позволил бы учитывать все эти данные и формировать эффективный персонализированный рацион [14, 20].

В России услуга по персонализации питания появилась в 2003 г. В научной литературе не найдена информация о развитии российской геномики человека в период с 2003 по 2019 гг. С 2019 г. действует Постановление № 479 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 гг.», основной целью которого является ускоренное развитие российских генетических технологий.

На сегодняшний день российский рынок генетического тестирования, по сравнению с зарубежными компаниями США и стран Европы, находится на стадии внедрения. Сегмент рынка генетического тестирования в США составляет $\approx 7,6$ млрд долл. в год, в России – ≈ 200 млн руб. в год [21]. Согласно данным аналитиков, в пятилетней перспективе российский рынок ждет интенсивный рост от 12 до 15 % в год, объем рынка по итогам 2025 г. составит не менее 65 млн долл. [22]. По данным аналитиков мировой рынок персонализированного питания активно растет. Они прогнозируют рост с 8,2 млрд долл. с 2022 г. до 16,4 млрд долл. в 2025 г. [20].

Тенденция роста российского рынка персонализированного питания через генетическое тестирование связана с тем, что [22]:

1. Данная услуга становится доступной для людей с высоким и средним уровнем дохода, которые хотят проанализировать свои индивидуальные особенности и контролировать здоровье.

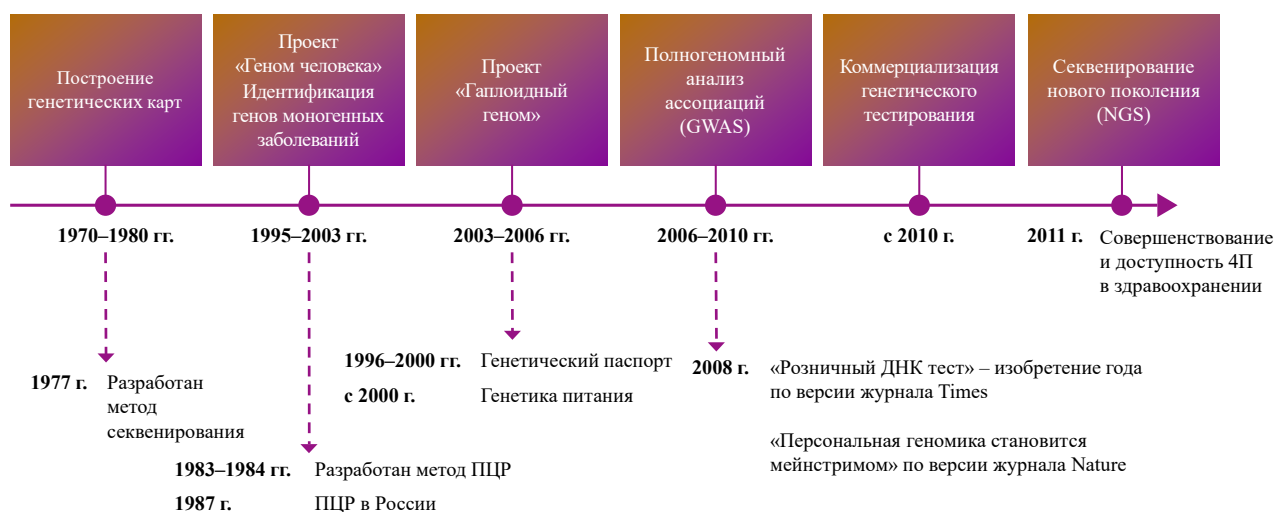


Рисунок 2. Развитие геномики человека, стимулирующей доступность 4П в области здравоохранения [14, 18, 19]

Figure 2. Human genomics as a driver of marketing mix in healthcare [14, 18, 19]

2. Растет осведомленность населения о возможностях персонализированного питания, генетического тестирования и их важной роли в профилактике заболеваний.

3. Государство проявляет больший интерес – утверждение Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 гг., формирование центров геномных исследований мирового уровня по биобезопасности, медицине, сельскому хозяйству и промышленности (на базе Роспотребнадзора, Курчатовского института и Института молекулярной биологии им. В. А. Энгельгардта Российской академии наук) (по информации Министерства науки и высшего образования Российской Федерации). Благодаря государственной инициативе, ярким примером успешной реализации которой является «100 000+Я» (ООО «Биотек кампус», Москва), создаются генетические базы данных населения.

4. Зарубежные компании уходят с российского рынка.

Внутренний рынок генетических технологий состоит из сегментов: генетика в онкологии (диагностика наследственных форм рака, определение маркеров патогенеза опухоли и маркеров чувствительности к лекарственным препаратам); генетика в пренатальной диагностике (анеуплоидий, определение резус-фактора и пола ребенка по крови матери); предимплантационная диагностика эмбрионов при ЭКО; потребительская геномика (косметология, диетология, фитнес и спорт, происхождение).

Особенность российской персонализации питания как части генетического тестирования заключается в том, что с законодательной точки зрения этот сегмент рынка относится к «развлекательным», а не к медицинским услугам [23]. Данное отношение негативно сказывается на восприятии потребителями – возникает мнение о «шарлатанстве». Следовательно, необходимо тесное взаимодействие с наукой. Это требует проведения доклинических и клинических исследований, проверяющих целесообразность назначенных персональных диетических рекомендаций, а также исследований, изучающих использование определенных пищевых компонентов и продуктов для профилактики социально-значимых заболеваний.

Одним из ключевых факторов, замедляющих развитие рынка, является недостаток высококвалифицированных кадров. В частности, необходимы специалисты в области молекулярной биологии, генетики, диетологии, биоинформатики и др. [24]. Стоимость российских услуг по персонализации рациона и генетическое тестирование в 2–3 раза выше, чем в США и странах Запада, что связано с высокой зависимостью рынка от зарубежного оборудования, реактивов, экономической нестабильности в стране и ослаблением национальной валюты [22]. Но, несмотря на ряд ограничений, потенциал роста рынка генетических исследований растет.

Особенности omics-методов, используемых в персонализации питания. Персонализация рациона представляет собой актуальный подход к профилактике метаболических заболеваний, учитывающий индивидуальные реакции на продукты питания. Для подбора такого рациона необходимо принимать во внимание индивидуальные особенности потребителя [25].

Учет индивидуальных особенностей возможен благодаря omics-технологиям (эпигеномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика) [13, 26] и на сегодняшний день включает в себя изучение генетических, фенотипических особенностей, образа жизни и состояния микробиоты желудочно-кишечного тракта [9, 27]. В работе S. Bashiardes *et al.* [25] показано, что причинами различной реакции людей на употребление одного и того же продукта являются геном и микробиом.

Учет состояния микробиома потребителя важен, так как ряд микроорганизмов участвует в симбиотической связи с организмом-хозяина, регулируя ряд его функций и здоровое состояние [13, 25]. На долю микробиома организма-хозяина приходится более 3 млн генов. Гены микробиоты кодируют различные микробные метаболиты, которые влияют на фенотип, метаболизм и усвоение пищи [13, 28]. Гомеостаз кишечной микробиоты зависит от физиологии организма, окружающей среды и колебаний в рационе. Состав и активность микробиоты кишечника различаются у людей с ожирением, диабетом и здоровых людей. Изменения микробиоты, которые связаны с этими заболеваниями, часто обратимы при коррекции питания. Данный факт объясняется тем, что диета и время приема пищи являются определяющими факторами в формировании состава микробиоты и экспрессии генов. Для изучения микробиоты и ее влияния на здоровье организма-хозяина используют метагеномный анализ. Однако для успешного и эффективного применения данных о микробиоме и способов нормализации его состояния через систематический прием функциональных пищевых продуктов и биологически активных добавок необходимы доклинические и клинические исследования [29–31].

В проведенных работах показано, что наиболее изучаемыми генетическими особенностями в персонализации рациона являются однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) генов, ответственных за метаболизм углеводов и жиров, за пищевую непереносимость, за метаболизм витаминов, за вкусовые ощущения, детоксикацию и защиту от окислительного стресса [8, 32]. Исследования глобальной геномной вариации человека продемонстрировали резкие различия в популяционных частотах аллелей общих SNP. Следовательно, у людей разной популяции, проживающих на одной и той же территории, будут отличаться метаболические реакции на один и тот же продукт / нутриент [33].

Одним из первых успешных применений персонализированного питания с использованием нутригенетического тестирования была профилактика /

минимизация проявлений моногенных заболеваний, таких как фенилкетонурия (мутация в гене *PAH*), галактоземия (мутации в генах *GALT*, *GALK1*, *GALE*) и др. Например при фенилкетонурии, людям с мутациями в гене, кодирующем фермент для переработки фенилаланина, требуется строгая диета, ограничивающая потребление фенилаланина и тирозина [14, 34]. Единственными способами лечения данных заболеваний является вмешательство в рацион – ограничение употребления пищевых компонентов. Однако такой подход не подходит для полигенных и многофакторных заболеваний (рак, сахарный диабет, сердечно-сосудистые заболевания, ожирение) [25].

Персонализированное питание особенно актуально в профилактике многофакторных заболеваний, то есть заболеваний, развитие которых зависит от сочетания генетических факторов (онкология, ожирение, сердечно-сосудистые и прочие метаболические заболевания), образа жизни, климатогеографических и экологических особенностей. Оценка генетического риска развития этих заболеваний представляет собой сложную задачу. Полигенные оценки риска или полигенный индекс риска (polygenic risk scores, PRSs) – это показатель генетической предрасположенности человека к определенному сложному признаку, рассчитанный путем объединения информации о множестве генетических вариантов (в данном случае SNP), связанных с этим признаком [35]. Для точного расчета PRSs необходимо учитывать не только генетические факторы,

но и эффекты влияния окружающей среды, образа жизни и физической активности. В результате PRSs рассчитывают, как взвешенную сумму количества генетических вариантов рисков (аллелей риска) развития заболеваний (для выбранного набора локусов), используя данные полногеномных ассоциативных исследований (genomewide association studies, GWAS) (рис. 3) [36–38].

Полученные результаты генетического тестирования сравнивают с данными GWAS для установки возможной связи SNP с рассматриваемым заболеванием [36–39]. Выявление GWAS осуществляется с помощью статистического анализа, методов машинного обучения путем сравнения геномов двух групп (больных и здоровых людей) [35].

В работе S. Singar *et al.* [40] представлены технологии, которые используются в персонализированном питании (табл. 1).

В рамках персонализации питания активно применяются современные технологии и подходы. В работе D. Zeevi *et al.* [41] представлен алгоритм машинного обучения, объединяющий многочисленные клинические параметры крови и данные о микробиоте кишечника для точного прогнозирования постпрандиальной реакции глюкозы в крови на приемы пищи на индивидуальном уровне.

R. Zenun Franco *et al.* [42] изучили эффективность мобильного веб-приложения (eNutri), которое предоставляет автоматизированные рекомендации по персо-



Рисунок 3. Открытия, предшествующие появлению GWAS. Преимущества и недостатки метода [38]

Figure 3. Pre-GWAS discoveries: advantages and disadvantages [38]

Таблица 1. Технологии, используемые при персонализации питания

Table 1. Personalized nutrition technologies

Технология	Описание	Применение	Преимущества	Ограничения
Секвенирование	Анализ генетических особенностей	Установление генетической предрасположенности	Высокая точность	Высокая стоимость
Датчики (фитнес-браслеты, глюкометр, пульсоксиметр, весы и др.)	Мониторинг физической активности и показателей здоровья	Мониторинг факторов образа жизни	Получение и фиксирование результатов в реальном времени	Проблемы конфиденциальности; «забычивость» потребителя
Биоинформатическая обработка данных	Интерпретация полученных данных	Интеграция мультиомических данных	Комплексный анализ, комплексная интерпретация	–
Искусственный интеллект и машинное обучение	Прогнозирование результатов для здоровья	Индивидуальная разработка планов питания	Прогностические возможности	Этические проблемы
Мобильные приложения для здоровья	Предоставление рекомендаций по питанию	Привлечение пользователей к изменению рациона питания	Удобство использования	«Забычивость» потребителя

нализированному питанию для улучшения качества рациона, по сравнению с рекомендациями по питанию для населения в целом. Диетические изменения оценивались с помощью веб-приложения eNutri, использующего валидированный полуколичественный опросник частоты потребления пищи (FFQ). Также учитывался вес, индекс массы тела и физическая активность пользователей. В исследовании, представляющем результаты 12-недельного рандомизированного контролируемого эксперимента, направленного на изменение питания с помощью автоматически генерируемых персонализированных рекомендаций, приняли участие 187 человек. Результаты показали, что персонализированные рекомендации приложения значительно эффективнее обобщенных советов в улучшении качества питания.

В работе E. M. Barrett *et al.* [43] представлена система профилирования нутриентов, которая точно оценивает полезность различных пищевых продуктов – Food Compass 2.0.

При разработке персонализированных рационов важны исследования, направленные на оценку реакции потребителей на различные диетические вмешательства. Проведение данных исследований возможно за счет не только секвенирования, но и нутригеномики, эпигенетики и достижений метаболомики. Метаболомика изучает метаболиты (массой менее 1500 Д.) в различных биологических жидкостях, тканях, клетках, тем самым оценивая различные реакции организма на определенное диетическое вмешательство, и взаимосвязи между различными диетами и факторами риска заболеваний. Эпигенетика, в частности пищевая эпигенетика, изучает влияние нутриентов на экспрессию генов. Определенные эпигенетические изменения (метилирование ДНК, модификация гистонов и др.)

могут привести к развитию метаболического синдрома (ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, диабет и др.) [44]. Ряд исследований показал, что определенные диетические вмешательства способны вызывать эпигенетические изменения, т. е. влиять на развитие ряда заболеваний. Однако для успешного использования полученных результатов в области персонализации необходимо получение доказательной базы – проведения доклинических и клинических исследований [13, 17, 45].

Влияние информации о генетических рисках на поведение потребителя по отношению к своему образу жизни. Некоторые ученые придерживаются мнения о том, что положительный эффект персонализации питания связан не с медицинской пользой, а с психоэмоциональным состоянием и вовлеченностью потребителя. Существует гипотеза о том, что потребитель более серьезно вовлечен в изменение своего пищевого поведения и придерживается назначенной диеты, зная свои персональные риски [13]. Для подтверждения поставленной гипотезы авторами получены противоречивые результаты.

В работе R. Jinnette *et al.* [3] представлены результаты систематического обзора рандомизированных исследований, оценивающие влияние персонализированных рекомендаций (по данным оценки фенотипа и генотипа) на пищевое поведение взрослого населения (от 18 до 79 лет), не имеющего хронических заболеваний. В ходе обзора установлено, что в 8 из 11 исследований участники, получившие результаты оценки своих персональных особенностей, сообщили о положительных изменениях в рационе.

C. S. Bloss *et al.* [46] у участников исследования не выявили статистически значимых изменений в рационе питания или физической активности в течение

3 и 12 месяцев наблюдений после получения результатов генетического тестирования.

В рандомизированном контролируемом испытании Food4Me было установлено, что персонализированные рекомендации по питанию более эффективно улучшают пищевое поведение потребителей, чем традиционные рекомендации [1]. В исследовании приняли участие 1540 человек из семи европейских стран. Средний возраст участников составил 39,8 лет (диапазон 18–79 лет), 59 % из них – женщины, средний ИМТ – 25,5 кг/м². Завершили исследование 1269 человек. В течение 6 месяцев испытуемые придерживались назначенной диеты (0 группа – не персонализированная диета, основанная на массе тела и физической активности; 1 группа – персонализированная диета, основанная на индивидуальных диетических рекомендациях; 2 группа – персонализированная диета, основанная на индивидуальных диетических рекомендациях и фенотипических данных; 3 группа – персонализированная диета, основанная на индивидуальных диетических рекомендациях, фенотипических и генетических данных). По истечении срока у участников оценивали антропометрические показатели, биохимию крови через 3 месяца. Несмотря на положительные изменения пищевого поведения, не были получены доказательства о влиянии на антропометрические, биохимические показатели персонализированных рекомендаций в большей или меньшей степени.

В исследовании R. Fallaize *et al.* [47] затрагивается проблема снижения мотивации к ведению здорового образа жизни при получении генетических результатов о минимальных рисках развития заболеваний. Однако наличие мотивации не всегда побуждает потребителей к активным действиям. При интерпретации результатов необходимо учитывать возможность снижения мотивации к здоровому образу жизни. Это подчеркивает важность индивидуального подхода и контроля со стороны квалифицированного медицинского специалиста.

В ходе проведения обзора авторами установлено, что в научной сфере преобладают обзорные статьи, а не те, которые описывают доклинические и клинические испытания о пользе персонализированных рационов и биологически активных добавок, а также найдено ограниченное количество публикаций, посвященных клиническим испытаниям персонализированного питания.

Пример внедрения персонализированного питания в России – проект «Персонализированная медицина», осуществленный учеными из ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» и АО «Сибирская угольная энергетическая компания» [14, 48].

В работе G. Bianchetti *et al.* [49] удалось доказать, что персонализированный подход к питанию, основанный на анализе генетических и антропометрических особенностей, уровня физической активности и данных микробиома, эффективен для оздоровления организма и микробиоты участников исследования.

Персонализированные рекомендации (тип диеты с определенным содержанием макро- и микронутриентов) приводили к изменениям в потреблении пищи, весе, индексе массы тела, частоте сердечных сокращений, режиме сна и бодрствования, а также в составе микробиома испытуемых. Исследование подтвердило влияние продуктов (лимонный сок, зеленый чай, какао), богатых антиоксидантами, на борьбу с окислительным стрессом.

Несмотря на все преимущества персонализированного питания, в научной литературе отсутствуют работы, напрямую сравнивающие стратегии правильного и персонализированного питания. Также не были найдены результаты социологических исследований, изучающих мотивацию и изменения в организме лиц, длительно придерживающихся персонализированного питания, или причины отказа от него. Предположительно, причины несоблюдения персонализированного питания схожи с причинами несоблюдения правильного питания: отсутствие привычки, времени [50].

Компании, занимающиеся генетическим тестированием и персонализацией рациона. Количество компаний, оказывающих услуги генетического тестирования (в частности нутригенетического тестирования), растет. Данное явление связано со снижением затрат на генотипирование, секвенирование и с информированностью населения о важности персонализации для здоровья [8]. Выделяют несколько типов генетического тестирования [51–53]: тесты для выявления моногенных заболеваний; тесты для оценки рисков развития социально-значимых заболеваний (нейродегенеративные, онкологические и сердечно-сосудистые) – многофакторных заболеваний; тесты на установление этнического происхождения и генетическую родословную; нутригенетические тесты, изучающие влияние генетических особенностей на потребность организма в определенных нутриентах; фармакогенетическое тестирование.

Особую популярность приобрели услуги генетического тестирования, предоставляемые напрямую потребителю (direct-to-consumer, DTC – в англоязычной литературе; прямое потребительское генетическое тестирование (ППГТ) – в российской) [54]. Данные услуги осуществляются без назначения, помощи и прочего взаимодействия со специалистом в сфере медицины, т. е. в интерпретации результатов не принимает участие человек с медицинским и / или образованием в области генетики.

Для получения услуги по генетическому тестированию потребителю необходимо [55]: оформить онлайн-заказ на услугу через сайт; получить набор для сбора биоматериала (буккального эпителия или слюны) – конверт, в котором находится стерильный зонд-тампон; соблюдая инструкцию, собрать биоматериал и отправить его компании; получить результаты (готовый отчет).

Компании по персонализации рациона осуществляют свою деятельность онлайн через сайт. В основном



Рисунок 4. Документы, составляющие нормативно-правовую основу генетических исследований в России [59, 60]

Figure 4. Legal regulation of genetic research in Russia [59, 60]

данные компании изучают SNP – изменения одного нуклеотида по отношению к референсной последовательности генома человека [8]. Услуга по генетическому, в частности нутригенетическому, тестированию не имеет общепринятого протокола и отсутствует контроль за качеством оказываемых услуг. Следовательно, не установлен определенный перечень генетических маркеров, интерпретация которых является основой персонализированных рекомендаций по питанию [4]. Однако выделяют три критерия, которым должны соответствовать генетические тесты [56] – аналитическая валидность, клиническая валидность, клиническая полезность.

В научной литературе описаны ограничения применения методов генетического тестирования, используемых в формате DTC [57]: ограниченная клиническая обоснованность генетических ассоциаций с заболеваниями; имеющиеся различия в оценках генетического риска; неопределенная клиническая значимость для некоторых SNP.

Концепция DTC – предоставление потребителям результатов без консультации со специалистом – может привести к неправильной интерпретации полученных результатов, ненадлежащей корректировке питания, физической активности и др. Данные ограничения могут повлиять на формирование у потребителей негативного мнения о генетическом тестировании и его роли в обеспечении здорового состояния организма. Интерес представляет изучение психологи-

ческого воздействия результатов генетического тестирования на потребителя. В исследованиях показано, что получение результатов, отражающих высокий риск развития определенного заболевания, может привести к возникновению тревоги и депрессии у потребителя, неблагоприятно влияя на сферу медицинских услуг и угрожать конфиденциальности информации [32, 37, 53, 58]. В последнее время актуальна концепция генетической исключительности – вся генетическая информация должна иметь правовую защиту. Однако в России отсутствует правовое регулирование генетического тестирования компаниями DTC. Законы и нормативные акты, принятые на территории страны, регулирующие область генетики и геномики, отражены на рисунке 4 [59].

В работе М. Д. Логачевой с соавторами [54] рассматривается правовое регулирование DTC в США, ряде европейских стран и стран Азии (рис. 5).

Преобладающее количество компаний, оказывающих нутригенетическое тестирование, находится в США [54]. По данным Mordor Intelligence™ Industry Reports (Индия), США занимает лидирующие позиции по темпу роста рынка потребительской геномики. В перечне ведущих мировых компаний, занимающихся генетическим тестированием (рис. 6), находятся компании из США: 23andMe, Ancestry и Helix OpCo LLC.

Компания 23andMe является одной из самых конкурентоспособных в США. В 2015 г. она стала первой, чья услуга (носительство синдрома Блума), доступная

США

Федеральные законы – контролируют действия с генетической информацией

- HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act – закон о мобильности и подотчетности медицинского страхования);
- GINA (Genetic Information Nondiscrimination Act – закон о недискриминации на основании генетической информации)

Нормативные акты федеральных агентств – коррелируют деятельность компаний

- FDA (Food and Drug Administration – Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов);
- CMS (Centers for Medicare and Medicaid Services);
- FTC (Federal Trade Commission – Федеральная торговая комиссия)

Законы отдельных штатов – дополняют регулирование федерального законодательства и нормативных актов

Решения судебных органов

Германия

Закон генетической диагностики (Gendiagnostikgesetz)

- любое генетическое тестирование для медицинских целей требует медицинское сопровождение;
- обязательна консультация специалиста после прохождения генетического теста (в случае выявления неизлечимого заболевания);
- обязательная утилизация всех биообразцов после осуществления тестирования

Сингапур

Стандарты оказания услуг клинических генетических / геномных тестов и клинических лабораторных генетических / геномных тестов (Code of Practice on the Standards for the Provision of Clinical Genetic / Genomic Testing Services and Clinical Laboratory Genetic / Genomic Testing Services)

- услуги, связанные со здоровьем, могут оказываться только лицензированными медицинскими учреждениями;
- услуги, связанные со здоровьем, не могут предлагаться или предоставляться производителями или поставщиками генетических тестов напрямую потребителям

Австралия

Генетическое тестирование может осуществляться только лабораториями, аккредитованными в Национальной Лабораторной Ассоциации (National Association of Testing Authorities)

Израиль

Закон о генетической информации (Genetic Information Law)

- тестирование осуществляется только в генетическом отделении медицинской клиники или генетической лаборатории (исключение – научные исследования);
- деятельность DTC (direct-to-consumer) под запретом;
- выдача результатов сопровождается консультацией специалиста в сфере генетики;
- генетические тесты, целью которых является установление материнства или отцовства, могут осуществляться только на основании судебного решения

Рисунок 5. Правовое регулирование DTC [54, 56, 61]

Figure 5. Legal regulation of direct-to-consumer services: foreign experience [54, 56, 61]

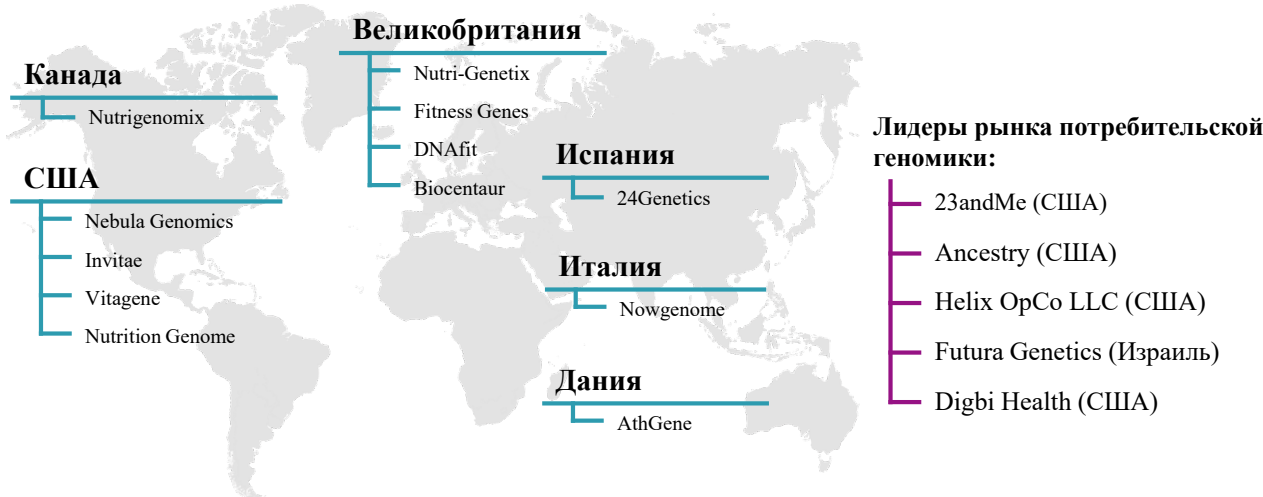


Рисунок 6. Ряд зарубежных компаний, занимающихся генетическим тестированием

Figure 6. Foreign genetic testing providers

напрямую населению США, соответствовала требованиям FDA по научной и клинической валидности. В 2017 г. компания получила разрешение FDA на тестирование на болезнь Альцгеймера, Паркинсона, Гоше, наследственную тромбофилию и дефицит альфа-1-антитрипсина, а в 2018 г. – на оценку генетических рисков рака и в сфере фармакогенетики [62].

По данным В. В. Шилова и др. [20], ключевую роль в области мирового персонализированного питания играют компании:

– Habit (США) составляет персонализированный рацион питания и индивидуально подбирает рецепты, а Amazon Fresh (США) предоставляет потребителю необходимые ингредиенты;

- DayTwo (Израиль) и Viome (США) разрабатывают персонализированные диеты, опираясь на индивидуальные данные микробиома потребителей;
- Nutrigenomix (Канада), DNAFit (Великобритания), Fitness Genes (Великобритания), Thome (США) составляют рекомендации по физической нагрузке и персонализированные рационы питания, опираясь на данные генетического тестирования и анализа микробиома потребителей;
- Nestle (Швейцария) в 2018 г. запустила в Японии программу персонализированного питания Nestle Wellness Ambassador, используя разработки в сфере искусственного интеллекта и генетического тестирования.

Российские компании, занимающиеся генетическим тестированием, представлены в таблице 2. Большая часть компаний находится в европейской части страны, преимущественно в г. Москве. Помимо данного города сильным центром генетических исследований является г. Новосибирск. Перечень услуг практически идентичен среди российских компаний. В области персонализированного питания (нутригенетики) наиболее популярными являются Genotek (г. Москва), MyGenetics (г. Новосибирск).

Выводы

Рост заболеваемости социально-значимыми болезнями (диабет, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания и др.) указывает на необходимость модернизации профилактических мероприятий. Поэтому эффективным подходом к профилактике метаболических заболеваний является правильное питание. Благодаря omics-технологиям его можно составлять с учетом индивидуальных особенностей потребителей. Персонализированное питание – более эффективное профилактическое средство, по сравнению с традиционными общепринятыми и универсальными диетическими рекомендациями.

Индивидуальный подход для потребителей стал более доступным благодаря развитию науки и техники в области генетики человека. Фундаментом развития послужили открытие технологии секвенирования, полимеразная цепная реакция, проект «Геном человека». На сегодняшний день потребительская геномика, проявляющаяся в виде direct-to-consumer, востребована среди потребителей в виде нутригенетического тестирования, оценки генетических рисков развития моногенных и полигенных заболеваний, фармакогенетического тестирования, установления этнического происхождения и родословной, а также при подготовки к беременности. Для обеспечения потребителей данными услугами и интерпретации результатов используются методы биоинформатики, искусственного интеллекта и машинного обучения. Это подтверждает необходимость междисциплинарного подхода к профилактике социально значимых заболеваний.

В рамках проведенной работы установлено, что результаты генетического тестирования и полученные персонализированные рекомендации, по сравнению с общепринятыми, универсальными рекомендациями, в большей степени мотивируют потребителей изменять свои пищевые привычки, образ жизни. Использование персонализированных рекомендаций должно осуществляться под надзором компетентного специалиста (врача, врача-диетолога и др.), чтобы избежать снижение мотивации и халатного отношения потребителя к своему образу жизни при получении информации о минимальных рисках развития различных заболеваний.

Для разработки грамотных персонализированных рекомендаций по питанию необходимо изучать взаимодействие между индивидуальными особенностями потребителя и влиянием различных нутриентов. Omics-технологии позволяют получить необходимую базу знаний. Расширение этой базы в области исследования микробиоты, эпигенетики и генетики питания обеспечит понимание взаимосвязи окружающей среды (в том числе и питания) с развитием и патогенезом ряда заболеваний, а также расширит перечень нутриентов, биологически активных добавок и функциональных продуктов питания профилактической направленности.

Критерии авторства

А. Ю. Просеков – сбор и систематизация данных, руководство проектом, написание – оригинальный черновик. А. Д. Веснина – визуализация, написание – оригинальный черновик, обзор и редактирование. Н. А. Любимова – визуализация, написание – обзор и редактирование. Д. Ю. Чекушкина – написание – оригинальный черновик, обзор и редактирование. Е. С. Михайлова – руководство проектом, методология, написание – обзор и редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.Yu. Prosekov collected and analyzed the data, managed the project, and drafted the manuscript; A.D. Vesnina provided the visualization, drafted the manuscript, and proofread the final version; N.A. Lyubimova provided the visualization and proofread the final version; D.Yu. Chekushkina drafted the manuscript and proofread the final version; E.S. Mikhailova supervised the project, developed the methodology, and proofread the final version.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest regarding the publication of this article.

Таблица 2. Российские компании, реализующие услуги по генетическому тестированию

Table 2. Russian genetic testing providers

Название	Местоположение	Тестирование	Источник
ООО «Геноаналитика» – сервис «Мой ген» (на рынке с 2009 г.)	Москва	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; установление этнического происхождения и генетической родословной; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование; спортивная генетика; полный генетический паспорт	[63, 64]
ООО «Аллель Центр Инновационных Биотехнологий» (на рынке с 2007 г.)	Москва	Выявление моногенных заболеваний; установление этнического происхождения и генетической родословной; фармакогенетическое тестирование; полный генетический паспорт; установление причин бесплодия	[65]
Genetico (ПАО «Артген биотех») (на рынке с 2018 г.)	Москва	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; онкогенетический тест; подготовка к беременности	[66]
EVOGEN (ООО «ЭВОГЕН») на рынке с 2018 г.)	Москва	Онкогенетический тест; подготовка к беременности	[67]
ООО «Атлас» (на рынке с 2013 г.)	Москва	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; установление этнического происхождения и генетической родословной; нутригенетические тесты; полный анализ микрофлоры кишечника; полный генетический паспорт	[68]
ООО «Генотек» (Genotek) (на рынке с 2010 г.)	Москва	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; установление этнического происхождения и генетической родословной; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование; спортивная генетика; полный генетический паспорт	[69]
ООО «Инлаб Генетикс» (на рынке с 2018 г.)	Санкт-Петербург	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование; спортивная генетика; полный генетический паспорт	[70]
ООО «Медицинский Центр «Здоровье» (Bonne Clinique) (на рынке с 2012 г.)	Санкт-Петербург	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование; полный анализ микрофлоры кишечника; полный генетический паспорт; пренатальная диагностика	[71]
ООО «НПФ Хеликс» (на рынке с 2002 г.)	Санкт-Петербург	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование	[72]
ООО «СЕРБАЛАБ» (на рынке с 2015 г.)	Санкт-Петербург	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; подготовка к беременности; полный анализ микрофлоры кишечника; полный генетический паспорт	[73]
ООО «ТестГен» (на рынке с 2012 г.)	Ульяновск	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; подготовка к беременности	[74]
ООО «Национальный Центр Генетических Исследований» (MyGenetics) (на рынке с 2011 г.)	Новосибирск	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование	[75]
ООО «Базис Геномик» (Basis Genomic Group) (на рынке с 2016 г.)	Новосибирск	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование	[76]
ООО «ЦНМТ» (на рынке с 2013 г.)	Новосибирск	Выявление моногенных заболеваний; выявление многофакторных заболеваний; нутригенетические тесты; фармакогенетическое тестирование	[77]

Список литературы / References

1. Celis-Morales C, Livingstone KM, Marsaux CFM, Macready AL, Fallaize R, *et al.* Effect of personalized nutrition on health-related behaviour change: Evidence from the Food4Me European randomized controlled trial. *International Journal of Epidemiology*. 2017;46(2):578–588. <https://doi.org/10.1093/ije/dyw186>
2. Заболеваемость населения социально-значимыми заболеваниями. Федеральная служба государственной статистики. [Incidence of socially significant diseases. Federal State Statistics Service. [cited 2025 Mar 12]. (In Russ.)] Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721>
3. Jinnette R, Narita A, Manning B, McNaughton SA, Mathers JC, *et al.* Does personalized nutrition advice improve dietary intake in healthy adults? A systematic review of randomized controlled trials. *Advances in Nutrition*. 2021;12(3):657–669. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa144>
4. Guasch-Ferré M, Dashti HS, Merino J. Nutritional genomics and direct-to-consumer genetic testing: An overview. *Advances in Nutrition*. 2018;9(2):128–135. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy001>
5. Литвяк В. В., Шилов В. В., Кузина Л. Б., Росляков, Ю. Ф. Способ персонализации питания с учетом генетически детерминированных факторов. *Food Metaengineering*. 2023. Т. 1. № 1. С. 27–62. [Litvyak VV, Shylau VV, Kuzina LB, Roslyakov YuF. The method of personalized nutrition considering genetically determined factors. *Food Metaengineering*. 2023;1(1):27–62. (In Russ.)] <https://doi.org/10.37442/fme.2023.1.5>
6. Жакова К. И., Миронова Н. П. Современные тенденции развития технологий пищевых производств. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. Т. 15. № 3. С 6–12. [Zhakova KI, Mironova NP. Modern trends in the development of food production technologies. *Food Industry: Science and Technology*. 2022;15(3):6–12. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/JDCVYT>
7. Батурин А. К., Сорокина Е. Ю., Погожева А. В., Тутельян В. А. Генетические подходы к персонализации питания. Вопросы питания. 2012. Т. 81. № 6. С.4–11. [Baturin AK, Sorokina EYu, Pogozheva AV, Tutelyan VA. Genetic approaches to nutrition personalization. *Problems of Nutrition*. 2012;81(6):4–11. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/PUTCUD>
8. Vesnina A, Prosekov A, Kozlova O, Atuchin V. Genes and eating preferences, their roles in personalized nutrition. *Genes*. 2020;11(4):357. <https://doi.org/10.3390/genes11040357>
9. Vesnina A, Prosekov A, Atuchin V, Minina V, Ponasenko A. Tackling atherosclerosis via selected nutrition. *International journal of Molecular Sciences*. 2022;23(15):8233. <https://doi.org/10.3390/ijms23158233>
10. Livingstone KM, Ramos-Lopez O, Pérusse L, Kato H, Ordovas JM, *et al.* Precision nutrition: A review of current approaches and future endeavors. *Trends in Food Science & Technology*. 2022;128:253–264. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.08.017>
11. Torres N, Tovar AR. The present and future of personalized nutrition. *Revista de Investigación Clínica*. 2021;73(5):321–325. <https://doi.org/10.24875/RIC.21000346>
12. Ульянов Ю. А., Зарипова Э. М., Мингазова Э. Н. От пациентоориентированной медицины к 4П-медицине: Семантический аспект тренда. 2020. № 9. С. 26–29. [Ulyanov Yu A, Zaripova EM, Mingazova EN. From patient-centered medicine to 4P-medicine: The semantic aspect of the trend. 2020;(9):26–29. (In Russ.)] <https://doi.org/10.37690/1811-0185-2020-9-26-29>
13. Lagoumintzis G, Patrinos GP. Triangulating nutrigenomics, metabolomics and microbiomics toward personalized nutrition and healthy living. *Human genomics*. 2023;17(1):109. <https://doi.org/10.1186/s40246-023-00561-w>
14. Мирошина Т. А., Резниченко И. Ю. Значение нутригеномики и нутригенетики в пищевой науке. Индустрия питания. 2023. Т. 8. № 2. С. 105–115. [Miroshina TA, Reznichenko IYu. Nutrigenomics and nutrigenetics importance in the food science. *Food Industry*. 2023;8(2):105–115. (In Russ.)] <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2023-8-2-11>
15. Cecchin E, Stocco G. Pharmacogenomics and personalized medicine. *Genes*. 2020;11(6):679. <https://doi.org/10.3390/genes11060679>
16. Madeo G, Donato K, Micheletti C, Cristoni S, Mierts S, *et al.* Nutrigenomics: SNPs correlated to lipid and carbohydrate metabolism. *La Clinica Terapeutica*. 2023;174(Suppl. 2):200–208. <https://doi.org/10.7417/CT.2023.2488>
17. Voruganti VS. Precision nutrition: Recent advances in obesity. *Physiology*. 2023;38(1):42–50. <https://doi.org/10.1152/physiol.00014.2022>
18. Хусаинова Р. И., Хуснутдинова Э. К. Молекулярно-генетические основы остеопороза. Биомика. 2014. Т. 6. № 1. С. 24–51. [Khusainova RI, Khusnutdinova EK. Genetics of osteoporosis. *Biomics*. 2014;6(1):24–51. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/UANPCJ>
19. Reddy VS, Palika R, Ismail A, Pullakhandam R, Reddy GB. Nutrigenomics opportunities & challenges for public health nutrition. *Indian Journal of Medical Research*. 2018;148(5):632–641. https://doi.org/10.4103/ijmr.IJMR_1738_18
20. Шилов В. В., Батын А. Н. История и стратегии персонализированного питания. Пищевая промышленность: наука и технология. 2023. Т. 16. № 2. С. 49–55. [Shilov VV, Batyan AN. History and strategies for personalized nutrition. *Food Industry: Science and Technologies*. 2023;16(2):49–55.] <https://elibrary.ru/CJMMZC>

21. Прогнозирующее генетическое тестирование и рынок геномики потребителей/здоровья. VMR. [Predictive genetic testing on the consumer market of health genomics. VMR. [cited 2025 Mar 22]. (In Russ.)] Available from: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/download-sample/?rid=472815>
22. Персональное генетическое тестирование: краткосрочный хайп или перспективный рынок? Магазин исследований. [Personal genetic testing: Short-term hype or reliable market prospects? Research store. [cited 2025 Mar 22]. (In Russ.)] Available from: <https://marketing.rbc.ru/articles/13176/>
23. Генетические тесты в России: игроки, проблемы и тенденции. Русбейс. [The genetic testing market in Russia: Key players, challenges, and trends. Rusbase. [cited 2025 Mar 22]. (In Russ.)] Available from: <https://rb.ru/longread/dnatech/>
24. Анализ российского и международного рынка медицинской генетики: технологические и рыночные тренды. Healthnet. [Analysis of the Russian and international medical genetics market: Technological and market trends. Healthnet. [cited 2025 Feb 20]. (In Russ.)] Available from: https://healthnet.academpark.com/wp-content/uploads/2023/12/bio_medicine.pdf
25. Bashiardes S, Godneva A, Elinav E, Segal E. Towards utilization of the human genome and microbiome for personalized nutrition. *Current Opinion in Biotechnology*. 2018;51:57–63. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.11.013>
26. Corella D, Ordovás JM. Papel de las ómicas en la nutrición de precisión: Fortalezas y debilidades. *Nutricion Hospitalaria*. 2018;35(4):10–18. [Corella D, Ordovás JM. The role of omics in precision nutrition: Strengths and weaknesses. *Nutricion Hospitalaria*. 2018;35(4):10–18. (In Spanish.)] <https://doi.org/10.20960/nh.2119>
27. Напольский И. Н., Попова П. В. Персонализированное питание для профилактики и лечения метаболических заболеваний: возможности и перспективы. *Российский журнал персонализированной медицины*. 2022. Т. 2. № 1. С. 15–34. [Napolsky IN, Popova PV. Personalized nutrition for the prevention and treatment of metabolic diseases: Opportunities and perspectives. *Russian Journal for Personalized Medicine*. 2022;2(1):15–34 (In Russ.)] <https://doi.org/10.18705/2782-3806-2022-2-1-15-34>
28. Vernocchi P, Del Chierico F, Putignani L. Gut microbiota metabolism and interaction with food components. *International Journal of Molecular Sciences*. 2020;21(10):3688. <https://doi.org/10.3390/ijms21103688>
29. Кузнецов М. А., Жученко Н. А., Никитин И. А. Разработка методики проектирования персонализированных рационов питания на основе метагеномного анализа микробиоты человека. Трактории технологического развития. 2024. Т. 3. № 11. С. 13–22. [Kuznetsov MA, Zhuchenko NA, Nikitin IA. Development of a methodology for designing personalized diets based on metagenomic analysis of human microbiota. *Trajectories of technological development*. 2024;3(11):13–22. (In Russ.)] <https://elibrary.ru/CMRRPP>
30. Uchendu IK, Ikebunwa OA, Okpagu CB. Cardiorenal protective effects of extracts of bitter leaf (*Vernonia amygdalina* L.) in animal model of metabolic syndrome. *Foods and Raw Materials*. 2024;12(2):264–272. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2024-2-607>
31. Фокина А. Д., Веснина А. Д., Фролова А. С., Чекушкина Д. Ю., Проскурякова Л. А. и др. Биоактивные вещества геропротекторной направленности. *Техника и технология пищевых производств*. 2024. Т. 54. № 2. С. 423–435. [Fokina AD, Vesnina AD, Frolova AS, Chekushkina DYU, Proskuryakova LA, *et al.* Bioactive anti-aging substances: Geroprotectors. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2024;54(2):423–435. (In Russ.)] <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-2-2517>
32. Bonetti G, Kiani AK, Donato K, Kaftalli J, Herbst KL, *et al.* Polymorphisms, diet and nutrigenomics. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. 2022;63(Suppl. 3):E125–E141. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2754>
33. Mullins VA, Bresette W, Johnstone L, Hallmark B, Chilton FH. Genomics in personalized nutrition: Can you “Eat for your genes”? *Nutrients*. 2020;12(10):3118. <https://doi.org/10.3390/nu12103118>
34. Elhawary NA, AlJahdali IA, Abumansour IS, Elhawary EN, Gaboon N, *et al.* Genetic etiology and clinical challenges of phenylketonuria. *Human Genomics*. 2022;16:22. <https://doi.org/10.1186/s40246-022-00398-9>
35. Смирнова Н. В., Елмуратов А. У. Перспективы применения полигенного индекса риска (PRS) для оценки риска развития рака молочной железы. *Вестник СурГУ. Медицина*. 2019. № 4. С. 74–78. [Smirnova NV, Elmuratov AU. Prospects of applying the polygenic risk scores (PRS) to estimate the risk of breast cancer development. *Vestnik SurGU. Medicina*. 2019;(4):74–78. (In Russ.)] <https://doi.org/10.1234/10.34822/2304-9448-2019-4-74-78>
36. Forzano F, Antonova O, Clarke A, de Wert G, Hentze S, *et al.* The use of polygenic risk scores in pre-implantation genetic testing: An unproven, unethical practice. *European Journal of Human Genetics*. 2022;30:493–495. <https://doi.org/10.1038/s41431-021-01000-x>
37. Кибитов А. О., Мазо Г. Э., Ракитко А. С., Касьянов Е. Д., Рукавишников Г. В. и др. Полигенные шкалы риска развития депрессии на основе GWAS с клинической валидацией: методология и дизайн исследования в российской популяции. *Журнал неврологии и психиатрии имени С. С. Корсакова*. 2020. Т. 120. № 11. С. 131–140. [Kibitov AO, Mazo GE, Rakitko AS, Kasyanov ED, Rukavishnikov GV, *et al.* GWAS-based polygenic risk scores for depression with clinical validation: Methods and study design in the Russian population. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2020;120(11):131–140. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/jnevro202012011131>
38. Panacer KS. Ethical issues associated with direct-to-consumer genetic testing. *Cureus*. 2023;15(6):e39918. <https://doi.org/10.7759/cureus.39918>

39. Секисова В. Е., Воробьев А. С., Николаев К. Ю., Урванцева И. А., Донников М. Ю. и др. Генетические детерминанты острых и хронических коронарных синдромов. Вестник СурГУ. Медицина. 2023. Т. 16. № 1. С. 56–63. [Sekisova VE, Vorobyov AS, Nikolaev KYu, Urvantseva IA, Donnikov MYu, et al. Genetic determinants of acute and chronic coronary syndromes. Vestnik SurGU. Meditsina. 2023;16(1):56–63. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35266/2304-9448-2023-1-56-63>
40. Singar S, Nagpal R, Arjmandi BH, Akhavan NS. Personalized nutrition: Tailoring dietary recommendations through genetic insights. Nutrients. 2024;16(16):2673. <https://doi.org/10.3390/nu16162673>
41. Zeevi D, Korem T, Zmora N, Israeli D, Rothschild D, et al. Personalized nutrition by prediction of glycemic responses. Cell. 2015;163(5):1079–1094. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001>
42. Zenun Franco R, Fallaize R, Weech M, Hwang F, Lovegrove JA. Effectiveness of web-based personalized nutrition advice for adults using the eNutri web app: Evidence from the EatWellUK randomized controlled trial. Journal of Medical Internet Research. 2022;24(4):e29088. <https://doi.org/10.2196/29088>
43. Barrett EM, Shi P, Blumberg JB, O’Hearn M, et al. Food compass 2.0 is an improved nutrient profiling system to characterize healthfulness of foods and beverages. Nature Food. 2024;5:911–915. <https://doi.org/10.1038/s43016-024-01053-3>
44. Vesnina AD, Milentyeva IS, Le VM, Fedorova AM, et al. Quercetin isolated from *Hedysarum neglectum* Ledeb. as a preventer of metabolic diseases. Foods and Raw Materials. 2025;13(1):192–201. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2025-1-633>
45. Gallardo-Escribano C, Buonaiuto V, Ruiz-Moreno MI, Vargas-Candela A, Vilches-Perez A, et al. Epigenetic approach in obesity: DNA methylation in a prepubertal population which underwent a lifestyle modification. Clinical Epigenetics. 2020;12:144. <https://doi.org/10.1186/s13148-020-00935-0>
46. Bloss CS, Wineinger NE, Darst BF, Schork NJ, Topol EJ. Impact of direct-to-consumer genomic testing at long term follow-up. Journal of Medical Genetics. 2013;50:393–400. <https://doi.org/10.1136/jmedgenet-2012-101207>
47. Fallaize R, Macready AL, Butler LT, Ellis JA, Lovegrove JA. An insight into the public acceptance of nutrigenomic-based personalised nutrition. Nutrition Research Reviews. 2013;26(1):39–48. <https://doi.org/10.1017/S0954422413000024>
48. Шипилов И. В., Бетехтина В. А., Цай Л. В., Пилипенко В. И., Богданов А. Р. Персонализированная медицина в СУЭК. Уголь. 2021. № 7. С. 45–51. [Shipilov IV, Betehtina VA, Tsay LV, Pilipenko VI, Bogdanov AR. Personalized medicine at SUEK. Ugol’. 2021;(7):45–51. (In Russ.)] <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-45-51>
49. Bianchetti G, de Maio F, Abeltino A, Serantoni C, Riente A, et al. Unraveling the gut microbiome-diet connection: Exploring the impact of digital precision and personalized nutrition on microbiota composition and host physiology. Nutrients. 2023;15(18):3931. <https://doi.org/10.3390/nu15183931>
50. Покида А. Н., Зыбуновская Н. В. Культура питания российского населения (по результатам социологического исследования). Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2022. Т. 30. № 2. С. 13–22. [Pokida AN, Zybunovskaya NV. Food culture of the Russian population: Results of a sociological survey. Zdorov’e. Naseleniya i Sreda Obitaniya. 2022;30(2):13–22. (In Russ.)] <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-2-13-22>
51. Horton R, Crawford G, Freeman L, Fenwick A, Wright CF, et al. Direct-to-consumer genetic testing. BMJ. 2019;367:l5688. <https://doi.org/10.1136/bmj.l5688>
52. Oh B. Direct-to-consumer genetic testing: Advantages and pitfalls. Genomics & Informatics. 2019;17(3):e33. <https://doi.org/10.5808/GI.2019.17.3.e33>
53. Гребенщикова Е. Г. Потребительская геномика и генетизация общества: переосмысление идентичности, социальных связей и ответственности. Социологические исследования. 2020. № 2. С. 13–19. [Grebenshchikova EG. Direct-to-consumer genomics and genetization of society: Rethinking identity, social relations and responsibility. Sotsiologicheskie issledovaniya. 2020;(2):13–19. (In Russ.)] <https://doi.org/10.31857/S013216250008490-2>
54. Логачева М. Д., Пушкарев В. С. Зарубежный опыт правового регулирования прямого потребительского генетического тестирования. Актуальные проблемы российского права. 2021. Т. 16. № 8. С. 103–117. [Logacheva MD, Pushkarev VS. Foreign experience in the legal regulation of direct consumer genetic testing. Aktualnye problemy rossiyskogo prava. 2021;16(8):103–117. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17803/1994-1471.2021.129.8.103-117>
55. Floris M, Cano A, Porru L, Addis R, Cambedda A, et al. Direct-to-consumer nutrigenetics testing: An overview. Nutrients. 2020;12(2):566. <https://doi.org/10.3390/nu12020566>
56. Regulation of genetic tests. National Human Genome Research Institute. [cited 2025 Mar 03]. Available from: <https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/Regulation-of-Genetic-Tests>
57. Egglestone C, Morris A, O’Brien A. Effect of direct-to-consumer genetic tests on health behaviour and anxiety: A survey of consumers and potential consumers. Journal of Genetic Counseling. 2013;22(5):565–575. <https://doi.org/10.1007/s10897-013-9582-6>
58. Basch CH, Hillyer GC, Samuel L, Datuowei E, Cohn B. Direct-to-consumer genetic testing in the news: A descriptive analysis. Journal of Community Genetics. 2023;14:63–69. <https://doi.org/10.1007/s12687-022-00613-z>
59. Лозовицкая Г. П., Краевская А. Г. Генетическая медицина: Регулирование генетических исследований и конфиденциальность генетической информации. Вестник Восточно-Сибирской открытой академии. 2024;(52). [Lozovickaya GP, Kraevskaya AG. Genetic medicine: Regulation of genetic research and confidentiality of genetic information. Vestnik Rossiyskoj otkrytoj akademii. 2024;(52). (In Russ.)] <https://elibrary.ru/VJQUMG>

60. Кубышкин А. В., Гринь О. С., Шилюк Т. О. Законодательство Российской Федерации в сфере защиты геномной и генетической информации в рамках медицинской диагностики. *Общая реаниматология*. 2024. Т. 20. № 3. С. 65–74. [Kubyshkin AV, Grin OS, Shilyuk TO. Legislation of the Russian Federation in the field of protection of genomic and genetic information in the framework of medical diagnostics. *General Reanimatology*. 2024;20(3):65–74. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15360/1813-9779-2024-3-2395>
61. Манзенюк И. Н., Шипулин Г. А. Регулирование обращения медицинских изделий для генетического тестирования *in vitro*. *Инновационные тесты*. 2018. С. 70–79. [Manzeniuk IN, Shipulin GA. Legal regulation of medical devices for *in vitro* genetic testing. *Innovative tests*. 2018:70–79. (In Russ.)]
62. 23andMe and the FDA. [cited 2025 Mar 23]. Available from: <https://customercare.23andme.com/hc/en-us/articles/211831908-23andMe-and-the-FDA>
63. ДНК-тесты и генетические исследования любой сложности. Геноаналитика. [DNA tests and genetic research of any complexity. *Genoanalytics*. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://www.genoanalytica.ru/>
64. Онлайн-консультация генетика. Мой ген. [Online consultation with a geneticist. My gene. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://i-gene.ru>
65. Генетические исследования. Аллель™. [Genetic research. Allele™. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://corp.alleltech.com/>
66. Генетические анализы в центре Genetico. Future inside Genetico. [Genetic tests at Genetico. Future inside Genetico. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://geneticon.ru/>
67. О компании. Evogen. [About us. Evogen. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <http://www.evogenlab.ru/>
68. Что вы узнаете из тестов Атласа. Atlas. [What Atlas tests can tell you. Atlas. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://atlas.ru/>
69. Закажите ДНК-тест с доставкой на дом по России и Беларуси. Genotek. [Order a DNA test with home delivery in Russia and Belarus. Genotek. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://www.genotek.ru/b>
70. ДНК-тесты в Санкт-Петербурге. InLab genetics. [DNA tests in Saint Petersburg. InLab genetics. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://inlab-genetics.ru/>
71. Услуги в Bonne Clinique. Bonne Clinique. [Bonne Clinique services. Bonne Clinique. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://bn-cl.ru/>
72. Медицинские анализы Helix в Санкт-Петербурге. Helix. [Helix medical tests in Saint Petersburg. Helix. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://helix.ru>
73. Центр геномных технологий. Сербалаб. [Center for genomic technologies. Serbalab. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://cerbalab.ru/>
74. Компания. ТестГен. [Company. TestGen. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <http://www.testgen.ru>
75. Национальный центр генетических исследований MyGenetics. MyGenetics. [MyGenetics national center for genetic research. MyGenetics. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://mygenetics.ru/>
76. Кому и зачем нужны генетические тесты. Basis Genomic Group. [Who needs genetic tests and why. Basis Genomic Group. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://basisgg.ru/>
77. Направления деятельности центра. Центр новых медицинских технологий. [Our activities. Center for new medical technologies. [cited 2025 Mar 23]. (In Russ.)] Available from: <https://www.cnmt.ru>