



Батенева В.А.<sup>1</sup>, Сутункова М.П.<sup>1,3</sup>, Шаихова Д.Р.<sup>1</sup>, Кикоть А.М.<sup>1</sup>,  
Шабардина Л.В.<sup>1</sup>, Никогосян К.М.<sup>1</sup>, Майзель С.Г.<sup>2</sup>, Солобоева Ю.И.<sup>1</sup>

## Ассоциация полиморфизмов генов *FTO* (rs9939609) и *VDR* (rs2228570) с антропометрическими и стоматологическими показателями у детей северных регионов России как основа биофилактики

<sup>1</sup>ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия;

<sup>2</sup>ООО «Победа-1», 620014, Екатеринбург, Россия;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, 620014, Екатеринбург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Изучение полиморфизмов генов *VDR* и *FTO* (метаболизм витамина D и жировой обмен) актуально для разработки персонализированной биофилактики у детей Севера.

**Материалы и методы.** Были обследованы 155 детей в возрасте 5–11 лет, проживающих в Ханты-Мансийске (ХМАО – Югра). Всем участникам проводили антропометрическое исследование (измерение роста и массы тела) для расчёта индекса массы тела (ИМТ) и оценку стоматологического статуса по индексу КПУ (суммирующему число кариозных, пломбированных и удалённых зубов) с учётом признаков гипоплазии эмали. Полиморфизмы генов *FTO* (rs9939609) и *VDR* (rs2228570) определяли методом ПЦР в реальном времени. Для оценки ассоциаций использовали аллельную, доминантную, рецессивную и кодоминантную модели. Статистическую обработку проводили с использованием критериев Краскелла – Уолиса и Манна – Уитни.

**Результаты.** Статистический анализ не выявил достоверных ассоциаций полиморфизмов генов *FTO* и *VDR* с показателями ИМТ, однако в рамках доминантной модели для гена *FTO* наблюдалась тенденция более высоких значений ИМТ у носителей генотипов *TA* и *AA* ( $p = 0,055$ ). Также была установлена чёткая положительная связь между наличием аллели *G* гена *VDR* (rs2228570) и ухудшением стоматологического статуса, оценённого по комбинированному индексу.

**Ограничения исследования.** Настоящее исследование ограничено кросс-секционным дизайном, объёмом и региональной спецификой выборки, а также анализом двух полиморфизмов генов без учёта полного спектра генетических и средовых факторов.

**Заключение.** Выявлены значимые ассоциации полиморфизмов *FTO* и *VDR* с клиническими параметрами у детей северного региона России. Аллель *G* гена *VDR* (rs2228570) является фактором риска кариеса. Полученные результаты служат основой для разработки персонализированной биофилактики.

**Ключевые слова:** ген *FTO* (rs9939609); индекс массы тела; ген *VDR* (rs2228570); кариес; детское население; северные регионы Российской Федерации; биофилактика

**Соблюдение этических стандартов.** Настоящее исследование одобрено локальным этическим комитетом ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (протокол № 3а от 12.06.2023 г.). Все законные представители несовершеннолетних участников дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

**Для цитирования:** Батенева В.А., Сутункова М.П., Шаихова Д.Р., Кикоть А.М., Шабардина Л.В., Никогосян К.М., Майзель С.Г., Солобоева Ю.И. Ассоциация полиморфизмов генов *FTO* (rs9939609) и *VDR* (rs2228570) с антропометрическими и стоматологическими показателями у детей северных регионов России как основа биофилактики. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(5): 547–552. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-5-547-552> <https://elibrary.ru/hlmjem>

**Для корреспонденции:** Батенева Влада Андреевна, e-mail: bateneva.vlada@yandex.ru

**Вклад авторов:** Батенева В.А. – сбор и обработка материала, написание текста; Сутункова М.П. – концепция и дизайн исследования, научное консультирование, редактирование статьи; Шабардина Л.В. – сбор и обработка материала; Шаихова Д.Р. – сбор и обработка материала; Кикоть А.М. – сбор и обработка материала; Никогосян К.М. – сбор и обработка материала; Майзель С.Г. – научная идея; Солобоева Ю.И. – сбор и обработка материала. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 10.03.2026 / Поступила после доработки: 10.04.2026 / Принята к печати: 20.05.2026 / Опубликовано: 18.06.2026

Vlada A. Bateneva<sup>1</sup>, Marina P. Sutunkova<sup>1,3</sup>, Daria R. Shaikhova<sup>1</sup>, Anna M. Kikot<sup>1</sup>,  
Lada V. Shabardina<sup>1</sup>, Karen M. Nikogosyan<sup>1</sup>, Sergey G. Maizel<sup>2</sup>, Yulia I. Soloboewa<sup>1</sup>

## Association between *FTO* (rs9939609) and *VDR* (rs2228570) gene polymorphisms and anthropometric and dental indicators in children living in northern regions of the Russian Federation as a basis for bioprophyllaxis

<sup>1</sup>Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

<sup>2</sup>Pobeda-1 LLC, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation;

<sup>3</sup>Ural State Medical University, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** Due to the insufficient consideration of regional characteristics in current regulations, the study of polymorphisms of the *VDR* and *FTO* genes (vitamin D metabolism and fat metabolism) is relevant for the development of personalized bioprophyllaxis in children in the North.

**Materials and methods.** The study enrolled one hundred fifty five children aged of 5–11 years living in Khanty-Mansiysk. Their examination included height and weight measurements taken to calculate the body mass index (BMI) and assessment of the dental health status using the DMFT index that determines the number of decayed, missing, and filled teeth, taking into account signs of enamel hypoplasia. Polymorphisms of the *FTO* (rs9939609) and *VDR* (rs2228570) genes were determined using real-time PCR. To evaluate associations, we used allelic, dominant, recessive, and codominant models. Statistical analysis was performed using the Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests.

**Results.** We found no significant associations between *FTO* and *VDR* gene polymorphisms and BMI. However, within the dominant model for the *FTO* gene, we observed a trend toward higher BMI values in carriers of the TA and AA genotypes ( $p=0.055$ ). At the same time, a positive correlation was established between the presence of the G allele of the *VDR* gene (rs2228570) and poor dental health status, as assessed by the combined index.

**Limitations.** This study is limited by its cross-sectional design, both sample size and regional affiliation, and the analysis of two gene polymorphisms irrespective of the full range of genetic and environmental factors.

**Conclusion.** Significant associations between *FTO* and *VDR* gene polymorphisms and clinical parameters were identified in children in the northern region of Russia. The G allele of the *VDR* gene (rs2228570) is a risk factor for dental caries. The obtained results serve as a basis for the development of personalized bioprophyllaxis.

**Keywords:** *FTO* gene (rs9939609); body mass index; *VDR* gene (rs2228570); caries; child population; northern regions of the Russian Federation; bioprophyllaxis

**Compliance with ethical standards.** This study was approved by the Local Ethics Committee of the Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers (Protocol № 3a from June 12, 2023). All legal representatives of the minor participants provided informed, voluntary written consent to participate in the study.

**For citation:** Bateneva V.A., Sutunkova M.P., Shaikhova D.R., Kikot A.M., Shabardina L.V., Nikogosyan K.M., Maizel S.G., Soloboewa Yu.I. Association between *FTO* (rs9939609) and *VDR* (rs2228570) gene polymorphisms and anthropometric and dental indicators in children living in northern regions of the Russian Federation as a basis for bioprophyllaxis. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(5): 547–552. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-5-547-552> <https://elibrary.ru/hlmjem> (In Russ.)

**For correspondence:** Vlada A. Bateneva, e-mail: bateneva.vlada@yandex.ru

**Contribution:** Bateneva V.A. – data collection and processing, draft manuscript preparation; Sutunkova M.P. – study conception and design, scientific consulting and editing; Shabardina L.V., Shaikhova D.R., Kikot A.M., Nikogosyan K.M., Soloboewa Yu.I. – data collection and processing; Maizel S.G. – study conception. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received: March 10, 2026 / Revised: April 10, 2026 / Accepted: May 20, 2026 / Published: June 18, 2026

## Введение

Формирование здоровья детского населения в условиях экстремальных климатогеографических регионов, к которым относятся северные территории Российской Федерации, в том числе Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, сопряжено с воздействием комплекса неблагоприятных факторов, к которым относятся дефицит инсоляции, нарушение фотопериодичности и специфика фактического питания [1]. Результаты исследований указывают на риски развития ожирения у жителей северных территорий, связанные с нарушенным потреблением макронутриентов [2], а также специфическим полиморфизмом генов у местного населения [3]. Комплекс неблагоприятных факторов высоких широт (дефицит инсоляции, нарушение фотопериодичности, перепады давления и температуры, сильные ветры) создаёт повышенную нагрузку на растущий организм детей, являясь фоном для развития широкого спектра алиментарно-зависимых и дезадаптационных состояний. В этих условиях ключевое значение приобретает доклиническая диагностика генетически детерминированных рисков, позволяющая реализовать стратегию превентивной медицины.

В марте 2020 г. в соответствии с Указом Президента Российской Федерации вступили в силу Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года<sup>1</sup>, где одной из задач названо «обеспечение доступности качественного дошкольного, начального общего и основного общего образования, среднего профессионального и высшего образования». В соответствии с СанПиН 2.3/2.4.3590–20<sup>2</sup> обязательной является витаминизация продуктов питания, используемых в детских образовательных учреждениях. Однако современные регламентирующие документы не всегда учитывают особенности физиологии питания детей разного возраста, региональные особенности и традиционную культуру питания. Одним из перспективных направлений решения данной

<sup>1</sup> Указ Президента Российской Федерации от 5 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» (с изменениями и дополнениями) от 05.03.2020 г. № 164.

<sup>2</sup> Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3/2.4.3590–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения». Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 27 октября 2020 г. № 32.

задачи является развитие принципов персонализированной биофилактики, эффективность которой может быть существенно повышена с помощью учёта генетических маркёров, определяющих индивидуальный метаболический ответ. Такая профилактика предполагает не только коррекцию диеты и образа жизни, но и целенаправленную нутритивную поддержку, основанную на генетическом профиле, что особенно актуально в условиях северных регионов с их выраженным дефицитом инсоляции и спецификой питания.

Выбор генов *FTO* и *VDR* для исследования обусловлен их участием в ключевых метаболических процессах, значимых для здоровья детского населения северных регионов. Выявлено несколько участков гена *VDR*, отклонения в структуре которых могут приводить к снижению активности рецепторов и, следовательно, к нарушению усвоения витамина D [4]. Полиморфизм *FokI* (rs2228570) гена *VDR* является значимым фактором риска развития кариеса у детей. Это связано с ключевой ролью сигнального пути витамин D<sub>3</sub> – *VDR* в минерализации эмали и дентина: функциональные варианты гена могут ослаблять реминерализующий потенциал слюны и нарушать гомеостаз кальция в тканях зуба, что подтверждается рядом клинических исследований [5–8]. Установлена связь между недостаточным содержанием витамина D в организме и заболеваемостью детей респираторными инфекциями [9, 10]. Также определённые полиморфизмы этих генов связаны с развитием метаболического синдрома, предиктора важных социально значимых болезней – патологий сердечно-сосудистой системы, в том числе артериальной гипертензии, и ряда нарушений эндокринного характера, включая сахарный диабет II типа [11, 12]. Исследования показывают, что у носителей аллели А гена *FTO* наблюдается увеличение массы тела и окружности талии по сравнению с носителями Т-аллелей, а развитие ожирения у людей с генотипом А/А достоверно выше, чем у людей с генотипами Т/Т и Т/А [13]. В литературе имеются данные о более высокой частоте выявления у жителей Крайнего Севера [14] метаболического синдрома, который, будучи связанным с нарушением углеводного обмена, может быть значительно усугублён витаминной недостаточностью [15]. Несмотря на установленную роль полиморфизмов генов *FTO* и *VDR* в развитии различных патологий, их популяционная частота, а главное – клинико-ассоциативные связи в когорте детей Севера Российской Федерации остаются недостаточно изученными. Комплексный анализ этих генетических маркёров может выявить уникальные паттерны, обусловленные взаимодействием генотипа и суровых средовых условий.

**Цель исследования** – изучение взаимосвязи полиморфизмов *FTO* (rs9939609) и *VDR* (rs2228570) с антропометрическими и стоматологическими показателями детей, постоянно проживающих в северных регионах Российской Федерации.

## Материалы и методы

Программа оценки состояния здоровья детей была организована на базе дошкольно-школьного образовательного учреждения (Ханты-Мансийск, ХМАО – Югра). Общее число детей, чьи родители дали добровольное информированное согласие на участие в проекте, составило 155 (возраст 5–11 лет, средний возраст  $8,25 \pm 1,42$  года), мальчики и девочки были представлены практически в равном соотношении.

Определение индекса массы тела (ИМТ) проводилось путём инструментальной оценки роста и массы тела с дальнейшим расчётом по стандартной формуле (1):

$$\text{ИМТ} = \text{масса тела (кг)} / [\text{рост (м)}]^2. \quad (1)$$

Полученные значения интерпретировали с использованием шкал Z-score для каждого гендера в соответствии со стандартами роста детей, предложенными Всемирной организацией здравоохранения (WHO Child Growth Standards, 2006 г.) [16]: риск избыточной массы тела определяется

у детей, соотношение массы тела которых к росту превышает медианное значение на одно стандартное отклонение, избыточная масса тела соответствует превышению на два стандартных отклонения, ожирение – на три стандартных отклонения.

Визуальный осмотр полости рта стоматологом включал определение индекса КПУ (суммирующего число кариозных, пломбированных и удалённых зубов), дополненного учётом признаков гипоплазии эмали (КПУ + Г). Гипоплазия регистрировалась при наличии видимых качественных дефектов эмали (пятна, ямки, борозды) некариозного происхождения. В ходе обследования у каждого участника на месте был взят образец слюны (сплёвывание в стерильную пробирку). Отобранные пробы доставляли в лабораторию авиационным транспортом, строго соблюдая регламентированные условия транспортировки<sup>3</sup>. Выделение ДНК проводили с помощью коммерческого набора LumiPure® (Lumiprobe, Россия) согласно инструкциям производителя. Определение полиморфизмов генов *FTO* (rs9939609) и *VDR* (rs2228570) проводили с помощью системы ПЦР с оптической детекцией в реальном времени QuantStudio 3 (ThermoFisher, США) с использованием готовых коммерческих наборов ЛИТЕХ (Россия) и Синтол (Россия) соответственно согласно инструкциям производителей. Статистическую обработку полученных данных и построение графиков выполняли с использованием программ Statistica 10.0 и SPSS. Нормальность распределения выборочных данных проверяли с применением критерия Колмогорова – Смирнова. Оценку зависимости признаков проводили в таблицах сопряжённости при помощи критерия  $\chi^2$  Пирсона и проводили расчёт отношения шансов (ОШ) с доверительными интервалами (95% ДИ) и уровнем значимости (*p*). Для анализа каждого гена применяли аллельную, доминантную, рецессивную и кодоминантную модели наследования. При статистической обработке данных использовали критерий Краскела – Уоллиса, непараметрический *U*-критерий Манна – Уитни для сравнения двух независимых групп и расчёт отношения шансов. Результаты считали достоверными при *p* < 0,05.

## Результаты

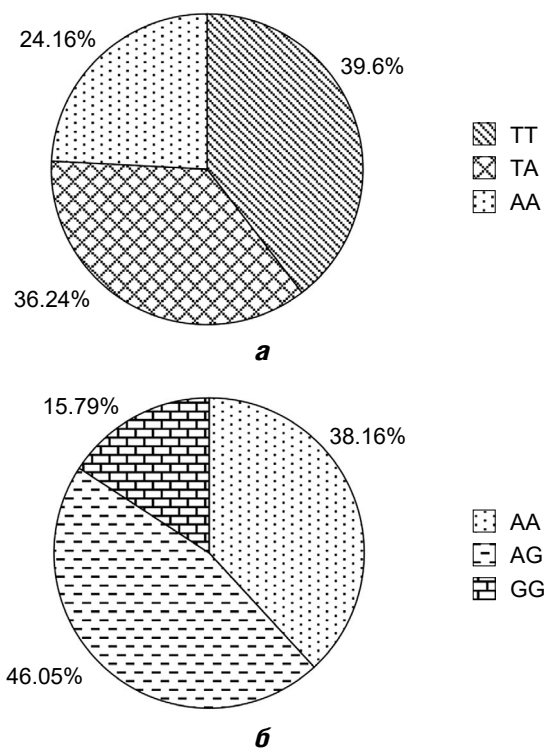
В изученной выборке генотипы ТА и АА гена *FTO* выявлены у 60,4% обследованных детей (рис. 1, а), а генотипы АГ и GG гена *VDR*, ассоциированные с риском развития дефицита витамина D, у 61,84% (рис. 1, б).

Для оценки возможных фенотипических проявлений был проведён анализ антропометрических показателей. На момент обследования соответствие ИМТ половозрастным нормам установлено у 54,19%. Страдают ожирением 7,1% детей, при этом избыточную массу тела или риск избыточной массы имели 24,52% детей. Выявленные полиморфизмы генов *FTO* (rs9939609) и *VDR* (rs2228570) не были ассоциированы с ИМТ у обследованных детей. Однако при доминантной модели наследования генотипа *FTO* наблюдалась тенденция к увеличению ИМТ в группе детей с генотипами ТА и АА в сравнении с генотипом ТТ (*p* = 0,055) (рис. 2).

При анализе отношения шансов по доминантной модели *FTO* (ТТ против ТА и АА) и показателей шкалы Z-score была также установлена тенденция избыточной массы тела у детей с генотипами ТА и АА по сравнению с генотипом ТТ ОШ = 2,056, (ДИ 95%, *p* = 0,061), но она не достигла статистической значимости.

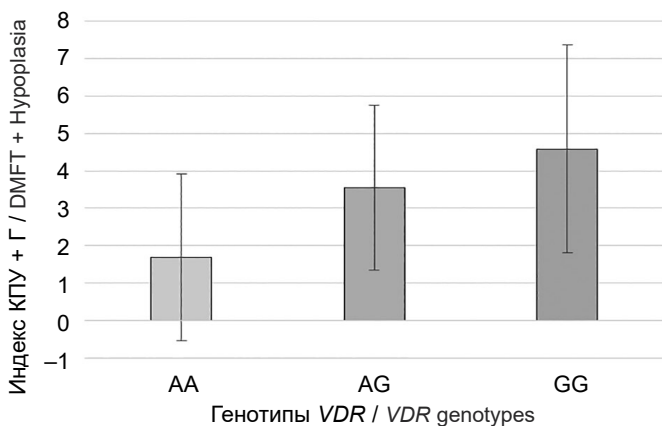
При проверке гипотезы в рамках кодоминантной модели наследования (АА, АГ, GG) была выявлена статистически значимая связь (рис. 3). Носители генотипа АА имели самый низкий показатель КПУ + Г, промежуточное значение было у гетерозигот АГ и высокий показатель – у носителей гомозиготного генотипа GG (*p* = 0,0006).

<sup>3</sup> ГОСТ Р 59787–2021.



**Рис. 1.** Распределение генотипов и аллелей полиморфизма генов *FTO* (а) и *VDR* (б) в изученной популяции детей дошкольно-школьного возраста (Ханты-Мансийск, ХМАО – Югра).

**Fig. 1.** Distribution of genotypes and alleles of the *FTO* (a) and *VDR* (б) gene polymorphism in the study population in preschool and schoolchildren in Khanty-Mansiysk.



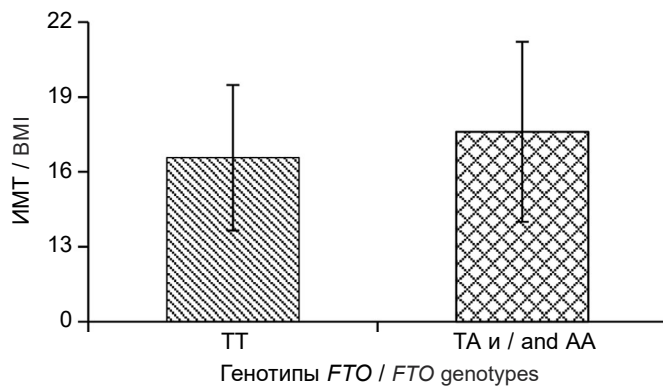
**Рис. 3.** Средние значения индекса КПУ + Г у носителей генотипов *VDR*.

**Fig. 3.** Mean values of the DMFT + hypoplasia index in carriers of *VDR* genotypes.

Полученный результат позволил предположить, что аллель G вносит основной вклад в изменение показателя КПУ + Г. С целью проверки этой гипотезы был проведён аллельный анализ, который также показал наличие достоверной связи (рис. 4). Так, носители мутантной аллели G имели более высокий показатель КПУ + Г по сравнению с носителями аллели A ( $p = 0,000019$ ).

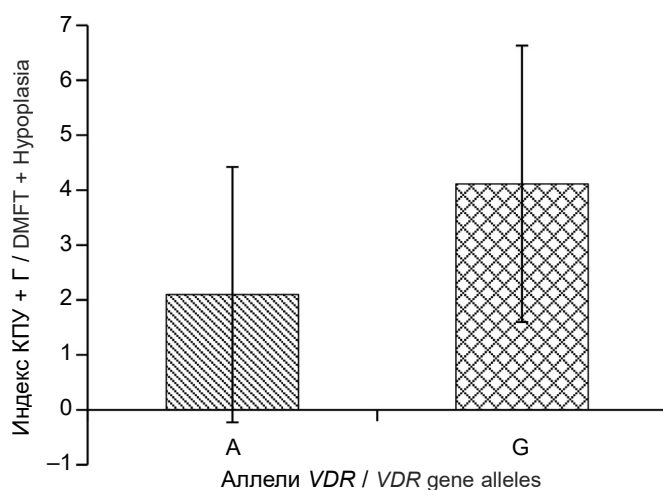
## Обсуждение

Проведённое исследование позволило оценить распределение полиморфных вариантов генов *FTO* и *VDR* в группе детей ( $n = 155$ ), проживающих в Ханты-Мансийске – столице ХМАО – Югры, региона, характеризующегося высоким риском развития дефицита витамина D у местных жителей.



**Рис. 2.** Средние значения ИМТ по генотипам *FTO* (доминантная модель наследования).

**Fig. 2.** Mean BMI values by *FTO* genotypes (dominant inheritance model).



**Рис. 4.** Средние значения индекса КПУ + Г у носителей аллелей гена *VDR*.

**Fig. 4.** Mean values of the DMFT + hypoplasia index in carriers of *VDR* gene alleles.

Ген *FTO* (rs9939609) кодирует α-кетоглутаратзависимую диоксигеназу – белок, который является одним из регуляторов липолиза и участвует в контроле дифференцировки адипоцитов, энергетического обмена, лептин-независимом контроле аппетита [17, 18]. Высокая частота аллелей, ассоциированных с потенциальными метаболическими рисками, в изученной группе вызывает обеснованную обеспокоенность. Так, носителями аллели A гена *FTO* (генотипы TA и AA), связанной с нарушением контроля аппетита, отсутствием чувства насыщения после адекватного приёма пищи и предрасположенностью к ожирению [13], оказались более 60% обследованных детей. Однако была обнаружена лишь тенденция к ассоциации повышенного ИМТ и показателя шкалы Z-score у носителей генотипов TA и AA. Этот факт может быть объяснён рядом причин. Во-первых, выраженные фенотипические проявления полиморфизмов, особенно гена *FTO*, связанного с полигенным наследованием ожирения, зачастую манифестируют в старшем возрасте под воздействием кумулятивного эффекта неблагоприятных средовых факторов, таких как гиподинамия и несбалансированное питание. Некоторые исследователи полагают, что именно переход от полукочевого к посттрадиционному и модернизированному образу жизни привёл к снижению потребления коренными народами Российской Арктики традиционных продуктов питания. Во-вторых, на результат мог повлиять малый объём выборки, что актуализирует дальнейшее из-

учение данной ассоциации в рамках масштабного популяционного исследования. В-третьих, полученные результаты согласуются с современными представлениями о том, что влияние генетической предрасположенности может быть смягчено или модифицировано образом жизни. Это подчёркивает первостепенную роль профилактических мероприятий, особенно для носителей «неблагоприятных» аллелей.

Наиболее значимым результатом работы стало установление чёткой связи между наличием мутантной аллели G гена *VDR* (rs2228570) и ухудшением стоматологического статуса, оценённого по комбинированному индексу КПУ + Г, учитывающему как кариес, так и гипоплазию эмали. Данный полиморфизм влияет на формирование более длинного (аллель А) или более короткого (аллель G) вариантов *VDR*. Синтез более длинного варианта связан с более высоким уровнем витамина D в сыворотке крови, а короткого – с дефицитом витамина D [19], повышенными уровнями свободных жирных кислот [20] и высоким индексом инсулинорезистентности жировой ткани [21, 22]. Было также продемонстрировано, что витамин D и его рецептор действуют как агенты, активирующие врождённый иммунитет [23].

В нашем исследовании носительство аллели G, выявленное у большинства детей, в условиях хронического дефицита витамина D в северных широтах может приводить к снижению эффективности всего сигнального пути. В исследовании Бекетовой Н.А. и соавт. отмечено сниженное содержание в сыворотке крови метаболита витамина D у 69% обследованных лиц старше 18 лет ( $n = 178$ ), при этом у коренного населения не было выявлено недостатка витамина D [24]. Витамин D, связываясь с *VDR*, выступает ключевым регулятором кальций-фосфорного обмена [25]. Его недостаточная активность негативно сказывается на формировании зубной эмали на этапе одонтогенеза, повышая риск развития гипоплазии, а в дальнейшем – на поддержании реминерализации эмали, определяя высокую подверженность кариесу. Обнаруженная ассоциация хорошо согласуется с результатами других исследований, демонстрирующих повышенную частоту аллели G у детей с кариесом, а также её роль в восприимчивости к агрессивным формам пародонтита [26].

Особый контекст интерпретации полученных данных задаёт географический и этнический состав изучаемой популяции. Известно, что у коренного населения арктических регионов России частота аллели G rs2228570 гена *VDR* и аллели А гена *FTO* выше, чем у жителей европейской части страны [3, 27]. Эти генетические особенности, сформированные в процессе адаптации, в современных условиях могут выступать как факторы риска. Комбинированное носительство у 4,5% детей генотипов, ассоциированных с дефицитом витамина D и нарушением липидного обмена, формирует группу высокого суммарного риска развития в отдалённой перспективе метаболического синдрома, сахарного диабета II типа и болезней системы кровообращения. Именно для таких групп должна быть в первую очередь разработана и апробирована комплексная программа профилактики, включающая как нутритивную коррекцию, так и превентивный медицинский мониторинг.

## Заключение

Проведённое исследование позволило установить значимые ассоциации полиморфизмов генов *FTO* и *VDR* с клиническими параметрами в обследованной когорте детей северного региона России. Установлено, что носительство аллели G гена *VDR* (rs2228570), определяющей синтез более активной укороченной формы рецептора, служит фактором риска развития кариеса зубов, что подтверждается выявленной связью с комплексным стоматологическим индексом.

Полученные результаты формируют научную основу для перехода от универсальных к персонализированным стратегиям охраны здоровья – биофилактике. Её сущность заключается в превентивной идентификации групп генетического риска с последующей разработкой биофилактических программ. Для носителей неблагоприятных вариантов *VDR* программа биофилактики должна включать регулярный мониторинг и коррекцию уровня витамина D. Для детей – носителей аллелей риска гена *FTO* ключевыми становятся раннее консультирование по рациональному питанию для формирования правильных пищевых привычек, мотивация к систематической физической активности с целью модуляции фенотипической экспрессии гена, а также мониторинг антропометрических показателей для предотвращения развития ожирения.

## Литература

(п.п. 4–8, 11, 16–18, 20, 22, 23, 25, 26 см. References)

1. Батуринов А.К., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э., Старовойтов М.Л., Кобелькова И.В., Камбаров А.О. Изучение питания, антропометрических показателей и состава тела у коренного и пришлого населения российской Арктики. *Вопросы питания*. 2017; 86(5): 11–6. <https://elibrary.ru/zwawff>
2. Козлов А.И. Связанные с потреблением углеводных продуктов нутрициологические и генетические риски развития ожирения у коренных северян. *Вопросы питания*. 2019; 88(1): 5–16. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10001> <https://elibrary.ru/yuszwpr>
3. Батуринов А.К., Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Кешабянц Э.Э., Кобелькова И.В., Камбаров А.О. и др. Изучение ассоциации полиморфизмов rs993609 гена *FTO* и rs659366 гена *UCP2* с ожирением у населения Арктической зоны Российской Федерации. *Вопросы питания*. 2017; 86(3): 32–9. <https://elibrary.ru/zfgez2>
4. Захарова И.Н., Мальцев С.В., Заплатников А.Л., Климов Л.Я., Пампура А.Н., Курьянинова В.А. и др. Влияние витамина D на иммунный ответ организма. *Педиатрия. Consilium Medicum*. 2020; (2): 29–37. <https://doi.org/10.26442/26586630.2020.2.200238> <https://elibrary.ru/wuxhwa>
5. Локшина Э.Э., Зайцева О.В. Роль витамина D в профилактике и лечении острых респираторных инфекций у детей. *Педиатрия. Consilium Medicum*. 2022; (4): 310–6. <https://doi.org/10.26442/26586630.2022.4.202005> <https://elibrary.ru/httvro>
6. Лушчик М.Л., Амелянович М.Д., Моссэ И.Б. Ассоциация полиморфных вариантов гена *FTO* с риском развития сахарного диабета 2 типа. *Молекулярная и прикладная генетика*. 2022; 32: 73–80. <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2022-32-73-80> <https://elibrary.ru/imtsz1>
7. Бондарева Э.А., Задорожная Л.В., Хомякова И.А. T/A-полиморфизм гена *FTO* и образ жизни ассоциированы с накоплением жира в разных возрастных группах мужчин. *Ожирение и метаболизм*. 2019; 16(2): 49–53. <https://doi.org/10.14341/omet9798> <https://elibrary.ru/cgnjgl>
8. Иванова Е.Г., Потемина Т.Е. Метаболический синдром у пришлых жителей Крайнего Севера (на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры). *Ожирение и метаболизм*. 2022; 19(4): 396–403. <https://doi.org/10.14341/omet12777> <https://elibrary.ru/lthgje>
9. Колденцова В.М., Рисник Д.В., Шарфетдинов Х.Х., Никитюк Д.Б. Витамины в питании пациентов с метаболическим синдромом. Обзор литературы. *Терапевтический архив*. 2019; 91(2): 118–25. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.02.000097> <https://elibrary.ru/yzojyh>
10. Наими З.М.С., Калинина Е.А., Донников А.Е., Дударова А.Х. Ассоциация полиморфизма гена рецептора витамина D с эмбриологическими показателями и эффективностью программ экстракорпорального оплодотворения. *Акушерство и гинекология*. 2017; (2): 51–7. <https://doi.org/10.18565/aig.2017.2.51-7> <https://elibrary.ru/ygcnop>
11. Богряя М.М., Вульф М.А., Сафиуллина Л.А., Паскидов Д.В., Шнар В.А., Газатова Н.Д. и др. Полиморфизмы гена *VDR* rs731236 и rs2228570 влияют на уровень витамина D у лиц Калининградской области. *Российский иммунологический журнал*. 2024; 27(4): 995–1000. <https://doi.org/10.46235/1028-7221-16881-VGP> <https://elibrary.ru/swupuw>
12. Бекетова Н.А., Вржесинская О.А., Кешабянц Э.Э., Кобелькова И.В., Денисова Н.Н., Колденцова В.М. Сравнение данных оценки витаминной обеспеченности населения Арктической зоны России с помощью расчетных и биохимических методов. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2019; 27(1): 41–8. <https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ201927141-48> <https://elibrary.ru/ytpvmp>
13. Батуринов А.К., Сорокина Е.Ю., Вржесинская О.А., Бекетова Н.А., Сокольников А.А., Кобелькова И.В. и др. Изучение связи генетического полиморфизма rs2228570 гена *VDR* с обеспеченностью витамином D у жителей российской Арктики. *Вопросы питания*. 2017; 86(4): 77–84. <https://elibrary.ru/zftkjl>

## References

- Baturin A.K., Pogozheva A.V., Keshabyants E.E., Starovoytov M.L., Kobelkova I.V., Kambarov A.O. The study of nutrition, anthropometric testes and body composition among native and alien population of Russian Arctic. *Voprosy pitaniya*. 2017; 86(5): 11–6. <https://elibrary.ru/zawfff> (in Russian)
- Kozlov A.I. Carbohydrate-related nutritional and genetic risks of obesity for indigenous northerners. *Voprosy pitaniya*. 2019; 88(1): 5–16. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10001> <https://elibrary.ru/yyszwp> (in Russian)
- Baturin A.K., Sorokina E.Yu., Pogozheva A.V., Keshabyants E.E., Kobelkova I.V., Kambarov A.O., et al. The association of rs993609 polymorphisms of gene *FTO* and rs659366 polymorphisms of gene *UCP2* with obesity among Arctic Russian population. *Voprosy pitaniya*. 2017; 86(3): 32–9. <https://elibrary.ru/zfqzqt> (in Russian)
- Hausler M.R., Livingston S., Sabir Z.L., Hausler C.A., Jurutka P.W. Vitamin D receptor mediates a myriad of biological actions dependent on its 1,25-dihydroxyvitamin D ligand: Distinct regulatory themes revealed by induction of Klotho and fibroblast growth factor-23. *JBMR Plus*. 2020; 5(1): e10432. <https://doi.org/10.1002/jbmr.10432>
- Ames S.K., Ellis K.J., Gunn S.K., Copeland K.C., Abrams S.A. Vitamin D receptor gene *Fok I* polymorphism predicts calcium absorption and bone mineral density in children. *J. Bone Miner. Res.* 1999; 14(5): 740–6. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.5.740>
- Schroth R.J., Jeal N.S., Kliewer E., Sellers E.A.C. The relationship between vitamin D and severe early childhood caries: A pilot study. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 2012; 82(1): 53–62. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000094>
- Hujoel P.P. Vitamin D and dental caries in controlled clinical trials: Systematic review and meta-analysis. *Nutr. Rev.* 2013; 71(2): 88–97. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00544.x>
- Kong Y.Y., Zheng J.M., Zhang W.J., Jiang Q.Z., Yang X.C., Yu M., et al. The relationship between vitamin D receptor gene polymorphism and deciduous tooth decay in Chinese children. *BMC Oral Health*. 2017; 17(1): 111. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0398-x>
- Zakharova I.N., Maltsev S.V., Zaplatnikov A.L., Klimov L.Ya., Pampura A.N., Kuryaninova V.A., et al. Influence of vitamin D on the immune response of the organism. *Pediatriya. Consilium Medicum*. 2020; (2): 29–37. <https://doi.org/10.26442/26586630.2020.2.200238> <https://elibrary.ru/wuxxwa> (in Russian)
- Lokshina E.E., Zaytseva O.V. The role of vitamin D in the prevention and treatment of acute respiratory infections in children: a review. *Pediatriya. Consilium Medicum*. 2022; (4): 310–6. <https://doi.org/10.26442/26586630.2022.4.202005> <https://elibrary.ru/htvtro> (in Russian)
- Latic N., Erben R.G. Vitamin D and cardiovascular disease, with emphasis on hypertension, atherosclerosis, and heart failure. *Int. J. Mol. Sci.* 2020; 21(18): 6483. <https://doi.org/10.3390/ijms21186483>
- Lushchik M.L., Ameliyanovich M.D., Mosse I.B. Association of *FTO* gene polymorphisms with type 2 diabetes mellitus. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*. 2022; 32: 73–80. <https://doi.org/10.47612/1999-9127-2022-32-73-80> <https://elibrary.ru/imtszl> (in Russian)
- Bondareva E.A., Zadorozhnaya L.V., Khomyakova I.A. T/A polymorphism of the *FTO* gene and lifestyle are associated with fat accumulation in different age groups of men. *Ozhirenie i metabolizm*. 2019; 16(2): 49–53. <https://doi.org/10.14341/omet9798> <https://elibrary.ru/cgnjgl> (in Russian)
- Ivanova E.G., Potemina T.E. Metabolic syndrome in patients with arterial hypertension living in the Far North (on the example of the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra). *Ozhirenie i metabolizm*. 2022; 19(4): 396–403. <https://doi.org/10.14341/omet12777> <https://elibrary.ru/lthgie> (in Russian)
- Kodentsova V.M., Risnik D.V., Sharafetdinov Kh.Kh., Nikityuk D.B. Vitamins in diet of patients with metabolic syndrome. *Terapevticheskii arkhiv*. 2019; 91(2): 118–25. <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.02.000097> <https://elibrary.ru/yzoyhj> (in Russian)
- WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age. *Acta Paediatr. Suppl.* 2006; 450: 76–85. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2006.tb02378.x>
- Church C., Moir L., McMurray F., Girard C., Banks G.T., Teboul L., et al. Overexpression of *FTO* leads to increased food intake and results in obesity. *Nat. Genet.* 2010; 42(12): 1086–92. <https://doi.org/10.1038/ng.713>
- Frayling T.M., Timpson N.J., Weedon M.N., Zeggini E., Freathy R.M., Lindgren C.M., et al. A common variant in the *FTO* gene is associated with body mass index and predisposes to childhood and adult obesity. *Science*. 2007; 316(5826): 889–94. <https://doi.org/10.1126/science.1141634>
- Naimi Z.M., Kalinina E.A., Donnikov A.E., Dudarova A.Kh. Association of vitamin D receptor (*VDR*) gene polymorphism with embryological characteristics and effectiveness of in vitro fertilization programs. *Akusherstvo i ginekologiya*. 2017; (2): 51–7. <https://doi.org/10.18565/aig.2017.2.51-7> <https://elibrary.ru/ygcnop> (in Russian)
- Pramono A., Jocken J.W.E., Adriaens M.E., Hjorth M.F., Astrup A., Saris W.H.M., et al. The association between vitamin D receptor polymorphisms and tissue-specific insulin resistance in human obesity. *Int. J. Obes. (Lond.)*. 2021; 45(4): 818–27. <https://doi.org/10.1038/s41366-021-00744-2>
- Bograya M.M., Vulf M.A., Safullina L.A., Paskidov D.V., Shnar V.A., Gazatova N.D., et al. *VDR* gene polymorphisms rs731236 and rs2228570 affect vitamin D levels in people of the Kaliningrad region. *Rossiiskii immunologicheskii zhurnal*. 2024; 27(4): 995–1000. <https://doi.org/10.46235/1028-7221-16881-VGP> <https://elibrary.ru/swupuw> (in Russian)
- Fronczek M., Osadnik T., Banach M. Impact of vitamin D receptor polymorphisms in selected metabolic disorders. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2023; 26(4): 31622. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000945>
- Selvaraj P., Chandra G., Jawahar M.S., Rani M.V., Rajeshwari D.N., Narayanan P.R. Regulatory role of vitamin D receptor gene variants of Bsm I, Apa I, Taq I, and *Fok I* polymorphisms on macrophage phagocytosis and lymphoproliferative response to mycobacterium tuberculosis antigen in pulmonary tuberculosis. *J. Clin. Immunol.* 2004; 24(5): 523–32. <https://doi.org/10.1023/B:JOCI.0000040923.07879.31>
- Beketova N.A., Vrzhesinskaya O.A., Keshabyants E.E., Kobelkova I.V., Denisova N.N., Kodentsova V.M. Evaluation of vitamin status of the population of the Russian Arctic according to the data on vitamin consumption and serum level. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2019; 27(1): 41–8. <https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ201927141-48> <https://elibrary.ru/ytpvmp> (in Russian)
- Sadeghi M., Golshah A., Godiny M., Sharifi R., Khavid A., Nikkerdar N., et al. The most common vitamin D receptor polymorphisms (*ApaI*, *FokI*, *TaqI*, *BsmI*, and *BglII*) in children with dental caries: A systematic review and meta-analysis. *Children (Basel)*. 2021; 8(4): 302. <https://doi.org/10.3390/children8040302>
- Yu M., Jiang Q.Z., Sun Z.Y., Kong Y.Y., Chen Z. Association between single nucleotide polymorphisms in vitamin D receptor gene polymorphisms and permanent tooth caries susceptibility to permanent tooth caries in Chinese adolescent. *Biomed Res. Int.* 2017; 2017: 4096316. <https://doi.org/10.1155/2017/4096316>
- Baturin A.K., Sorokina E.Yu., Vrzhesinskaya O.A., Beketova N.A., Sokolnikov A.A., Kobelkova I.V., et al. The study of the association between rs2228570 polymorphism of *VDR* gene and vitamin D blood serum concentration in the inhabitants of the Russian Arctic. *Voprosy pitaniya*. 2017; 86(4): 77–84. <https://elibrary.ru/zftkjl> (in Russian)

## Сведения об авторах

**Батенева Влада Андреевна**, мл. науч. сотр. отд. токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: bateneva@ymrc.ru

**Сутункова Марина Петровна**, доктор мед. наук, директор ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: sutunkova@ymrc.ru

**Шахцова Дарья Рамильевна**, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: darya.boo@mail.ru

**Кикоть Анна Михайловна**, науч. сотр. отд. молекулярной биологии и электронной микроскопии ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: kikitam@ymrc.ru

**Шабардина Лада Владимировна**, науч. сотр. отд. токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: lada.shabardina@mail.ru

**Никогосян Карен Мерсович**, мл. науч. сотр. отд. токсикологии и биопрофилактики ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: nikoghosyankm@ymrc.ru

**Майзель Сергей Гершевич**, доктор техн. наук, профессор, председатель Совета директоров ООО «Победа-1», 620027, Екатеринбург, Россия. E-mail: smayzel@gmail.com

**Солобова Юлия Ивановна**, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. лаб. социомониторинга и управления рисками ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 620014, Екатеринбург, Россия. E-mail: soloboyeva@ymrc.ru

## About the authors

**Vlada A. Bateneva**, laboratory assistant, Department of toxicology and bioprevention, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4694-0175> E-mail: bateneva@ymrc.ru

**Marina P. Sutunkova**, DSc (Medicine), director, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 620014, Yekaterinburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1743-7642> E-mail: sutunkova@ymrc.ru

**Daria R. Shaikhova**, researcher, Department of molecular biology and electron microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-7029-3406> E-mail: darya.boo@mail.ru

**Anna M. Kikot**, researcher, Department of molecular biology and Electron Microscopy, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8794-7288> E-mail: kikitam@ymrc.ru

**Lada V. Shabardina**, junior researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8284-0008> E-mail: lada.shabardina@mail.ru

**Karen M. Nikogosyan**, junior researcher, Department of Toxicology and Bioprophylaxis, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0003-0780-5733> E-mail: nikoghosyankm@ymrc.ru

**Sergey G. Mayzel**, DSc (Engineering), professor, chairman, Board of directors of Pobeda-1 LLC, Yekaterinburg, 620027, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2275-9347> E-mail: smayzel@gmail.com

**Yulia I. Soloboyeva**, PhD (Medicine), leading researcher, Laboratory of social and hygienic monitoring and risk management, Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, Yekaterinburg, 620014, Russian Federation. E-mail: soloboyeva@ymrc.ru