

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



(43) Дата международной публикации
22 сентября 2016 (22.09.2016)

WIPO | РСТ

(10) Номер международной публикации
WO 2016/148602 A1

- (51) Международная патентная классификация:
G01N 33/66 (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: PCT/RU2016/000099
- (22) Дата международной подачи:
24 февраля 2016 (24.02.2016)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:
2015108820 13 марта 2015 (13.03.2015) RU
- (71) Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ХИЛБИ" (ОВ-
SHCHESTVO S OGRANICHENNOY OTVETSTVEN-
NOSTYU "HILBI") [RU/RU]; 2-я Рощинская улица, 4,
оф. 503, Москва, 115191, Moscow (RU).
- (72) Изобретатели: СОКОЛОВ, Евгений Львович
(SOKOLOV, Evgeny Lvovich); ул. А. Григорина, 7, кв.
22, Гатчина, Ленинградская обл., 188307, Gatchina,

Leningradskaya obl. (RU). **ЧЕЧИК, Андрей
Анатольевич (CHECHIK, Andrey Anatol'evich)**; ул.
Казанская, 26/28, кв. 13, Санкт-Петербург, 190000, St.-
Petersburg (RU). **ЕЛОХОВСКИЙ, Владимир
Юрьевич (ELOKHOVSKIY, Vladimir Yur'evich)**; ул.
Жуковского, 22, кв. 29, Санкт-Петербург, 191014, St.-
Petersburg (RU). **КОЛОНИЦКИЙ, Дмитрий
Иванович (KOLONITSKY, Dmitry Ivanovich)**; ул.
Чайковского, 77, кв. 40, Санкт-Петербург, 191123, St.-
Petersburg (RU).

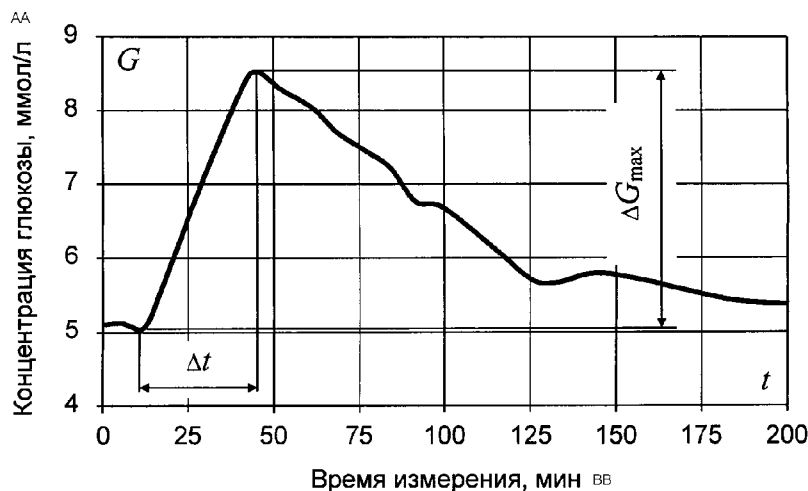
(74) Агент: **МАРКОВ, Алексей Михайлович (MARKOV,
Alexey Mikhailovich)**; а/я 59, Санкт-Петербург, 195221,
St.Petersburg (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,

[продолжение на следующей странице]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE GLYCAEMIC INDEX OF FOOD TO BE CONSUMED BY A PERSON

(54) Название изобретения : СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛИКЕМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ
ЧЕЛОВЕКОМ ПИЩИ



Фиг. 2

AA Glucose concentration, mmol/l
BB Measuring time, min

(57) Abstract: The invention relates to the field of measurements for diagnostic purposes, in particular to measurements associated with assessing the influence of food loads on a human organism. In order to determine the glycaemic index on the basis of the results of measuring glucose concentration in a person's blood, the period of time Δt from the beginning of an increase in the concentration of glucose caused by an intake of food up to reaching a maximum value of the concentration of glucose is determined and the maximum increase in the concentration of glucose in the blood $\Delta G_{\max}$ for a specified period of time is determined. Furthermore, the glycaemic index of food is determined as a ratio of the maximum increase in the concentration of glucose in the blood $\Delta G_{\max}$ to the maximum increase in the concentration of glucose in the blood which would enter a human organism

upon the intake of pure glucose, the amount of which is equal to the amount of carbohydrates contained in the consumed food, and which is determined as a value proportional to the production of $\Delta G_{\max}$ per Δt . The invention substantially simplifies the procedure of determining the glycaemic index of actual food and makes it possible, on the basis thereof, to produce simple personal devices for monitoring carbohydrate metabolism.

(57) Реферат:

[продолжение на следующей странице]

WO 2016/148602 A1



MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- до истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений (правило 48.2(h))

Изобретение относится к области измерений для диагностических целей, в частности к измерениям, связанным с оценкой влияния пищевых нагрузок на организм человека. Для определения гликемического индекса на основании результатов измерения концентрации глюкозы в крови человека определяют промежуток времени Δt от начала роста концентрации глюкозы, вызванного приемом пищи, до достижения максимального значения концентрации глюкозы и определяют максимальное приращение концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ за данный промежуток времени. При этом гликемический индекс пищи определяют как отношение максимального приращения концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ к максимальному приращению концентрации глюкозы в крови, которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы, количество которой равно количеству углеводов, содержащихся в потребленной пище, и которое определяют как величину, пропорциональную произведению $\Delta G_{\max}$ на Δt . Изобретение существенно упрощает процедуру определения гликемического индекса реальной пищи и позволяет создавать на его основе простые персональные устройства для контроля над углеводным обменом.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛИКЕМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЧЕЛОВЕКОМ ПИЩИ

5 ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Изобретение относится к области измерений для диагностических целей, в частности к измерениям, связанным с оценкой влияния пищевой нагрузки на организм человека, и может быть использовано при создании простых персональных технических средств, предназначенных для контроля питания с учетом реакции
10 организма человека на потребляемую пищу.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Гликемический индекс – это показатель, который определяет изменение концентрации глюкозы (уровня сахара) в крови, а именно показывает, как быстро и до
какого уровня возрастает концентрация глюкозы в крови при приеме пищи в
15 зависимости от того или иного продукта. Гликемический индекс показывает, с какой скоростью продукт перерабатывается в глюкозу и оказывается в крови.

Гликемический индекс конкретного продукта – понятие относительное. При его определении за основу взята чистая глюкоза, гликемический индекс которой приравнен к 100. Для остальных продуктов гликемический индекс имеет значение от 0 до 100 в
20 зависимости от того, как быстро продукт усваивается организмом человека. Продукты с высоким гликемическим индексом обеспечивают быстрое повышение концентрации глюкозы в крови. Они легко перевариваются и усваиваются организмом. Продукты с низким гликемическим индексом медленнее поднимают концентрацию глюкозы в крови потому, что углеводы, содержащиеся в таких продуктах, усваиваются медленно.

25 Гликемический индекс определяют как отношение площади под так называемой гликемической кривой, которая отражает изменение концентрации глюкозы в крови с момента приема пищи до полного ее усвоения организмом, к площади под аналогичной гликемической кривой, характеризующей прием чистой глюкозы, количество которой равно количеству углеводов, содержащихся в пище.

30 Обычно гликемический индекс получают для определенных продуктов. Проводится серия испытаний, при которых регистрируется гликемическая кривая при потреблении испытуемыми продукта с известным количеством глюкозы. В других опытах те же испытуемые потребляют такое же количество чистой глюкозы. В

результате получают усредненные значения указанных отношений площадей под гликемическими кривыми. Гликемический индекс обычно выражается в процентах.

Для практических целей составлены таблицы гликемических индексов различных продуктов, например, см. таблицу в статье: Kaye Foster-Powell, Susanna HA
5 Holt, and Janette C Brand-Miller. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. Am J Clin Nutr. – 2002, 76, 5–56.

Однако такие данные о гликемических индексах отдельных продуктов не могут удовлетворить человека, например, следящего за диетой, в частности процессом усвоения глюкозы. Он хотел бы знать не усредненные данные по отдельным
10 продуктам, а гликемический индекс продуктов, которые он потребляет сам, ведь усвоение продуктов у каждого человека индивидуально. Кроме того, он хотел бы знать гликемический индекс не отдельных продуктов, а вообще пищи, которую он потребляет, и которая включает разнообразный набор продуктов. И главное, обычный потребитель не хочет проводить эксперименты с пищей и чистой глюкозой, а хотел бы
15 знать гликемический индекс пищи сразу после ее усвоения.

Первоначально получили распространение способы, основанные на оценке пользователем влияния углеводов, поступающих с пищей, по специальным таблицам, полученным в ходе уже упомянутых экспериментальных исследований. Пользователь сам может оценить численное значение гликемического индекса, который
20 характеризует реакцию организма человека на углеводы, поступающие в организм человека при приеме пищи, по таблицам, в которых приведены гликемические индексы отдельных продуктов. Расчет может производиться с помощью удаленных баз данных, распознающих изображения пищевого продукта, передаваемые с мобильных средств пользователя. Такой подход дает достаточно грубую оценку гликемического индекса,
25 ввиду того, что оцениваются отдельные продукты, а не реальная приготовленная пища, кроме того не учитывается индивидуальная реакция организма на данную пищу.

В заявке US 2005/0266385 (публ. 01.12.2005, МПК A23L1/29) описан способ мониторинга содержания питательных веществ в потребляемых продуктах, предназначенный для облегчения планирования меню. Гликемический индекс
30 потребляемого продукта определяется по известным данным гликемических индексов отдельных продуктов. Данный способ не позволяет определять гликемический индекс пищи, составленной из разных продуктов.

В международной заявке WO 2008/009737 (публ. 24.01.2008, МПК A61B05/00) описан способ определения гликемического индекса на основе данных гликемических

индексов отдельных продуктов, которые пользователь получает с удаленной базы данных на персональный прибор. На основании данных о гликемическом индексе отдельных продуктов, входящих в пищу пользователя, а также количестве этих продуктов, вычисляется гликемический индекс пищи.

5 Наиболее близким к заявляемому способу является способ определения гликемического индекса потребляемой человеком пищи с обратной связью, описанной в международной заявке WO 2002/005702 (публ. 12.09.2002, МПК A61B5/00). Сущность известного способа состоит в том, что первоначально в вычислительное устройство заносятся данные о пище, которую предполагается съесть, в том числе
10 данные о гликемическом индексе пищи и предполагаемом количестве ее потребления. После приема пищи периодически измеряется концентрации глюкозы в крови человека одним из известных методов. На основе измеренных значений концентрации глюкозы в крови путем вычислений модифицируется глюкозная кривая и корректируется гликемический индекс потребленного продукта для конкретного человека. Полученные
15 данные используются для прогнозирования концентрации глюкозы в крови, получения предупреждений о недопустимом ее повышении, изменении пищевого поведения или лечения.

К недостаткам данного способа можно отнести необходимость проведения многократных опытов для определения гликемического индекса каждого отдельного
20 продукта. Это неудобно, и требует многократных вычислений и повторов в принятии определенного продукта в одних и тех же условиях. Данный способ не может гарантировать стабильную, повторяемую оценку гликемического индекса одного и того же продукта.

Таким образом, сохраняется актуальной потребность в достаточно быстром и
25 простом для потребителя способе определения гликемического индекса различной, в том числе сложной по составу, пищи. Кроме того, такой способ должен учитывать индивидуальные особенности усвоения пищи конкретным человеком и быть достаточно точным.

Технической задачей, на решение которой направлено изобретение, является
30 создание способа определения гликемического индекса потребляемой пищи, позволяющего получить его сразу после потребления пищи, позволяющего определять гликемический индекс многокомпонентной реальной пищи и учитывающего индивидуальные особенности человека.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ определения гликемического индекса потребляемой человеком пищи, в соответствии с настоящим изобретением, включает следующие операции:

измеряют концентрацию глюкозы в крови человека во времени, по меньшей мере, от начала роста концентрации глюкозы, вызванного приемом пищи, до достижения максимального значения концентрации глюкозы,

по результатам измерений определяют промежуток времени Δt от начала упомянутого роста концентрации глюкозы до достижения упомянутого максимального значения концентрации глюкозы и определяют максимальное приращение концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ за данный промежуток времени Δt ,

при этом гликемический индекс потребленной человеком пищи определяют как отношение максимального приращения концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ к максимальному приращению концентрации глюкозы в крови, которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы, количество которой равно количеству углеводов, содержащихся в потребленной пище, и которое определяют как величину, пропорциональную произведению $\Delta G_{\max}$ на Δt .

Как установили экспериментально изобретатели, площадь под гликемической кривой $G(t)$ в границах от начала роста концентрации глюкозы, вызванного приемом пищи, до достижения максимального значения концентрации глюкозы $G_{\max}$, вычисляемая без учета начального значения концентрации глюкозы, с незначительными допущениями пропорциональна количеству углеводов C_{sum} , содержащихся в потребленной пище. Учитывая практически линейный характер роста концентрации глюкозы на данном временном отрезке, обозначенном как Δt , площадь под гликемической кривой в указанных временных границах и, как было сказано, без учета начального значения концентрации глюкозы будет равна:

$$S = 0,5 \cdot \Delta t \cdot \Delta G_{\max},$$

где $\Delta G_{\max}$ – максимальное приращение концентрации глюкозы за время Δt .

То есть количество углеводов, содержащихся в потребленной пище, равно:

$$C_{\text{sum}} = K \cdot \Delta t \cdot \Delta G_{\max}, \quad (1)$$

где K – коэффициент пропорциональности, величина и размерность которого определяются экспериментально и с учетом размерностей, используемых для $\Delta G_{\max}$ и Δt .

Что касается максимального приращения концентрации глюкозы в крови, которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы GI , количество которой равно количеству углеводов C_{sum} , содержащихся в потребленной пище (обозначим это приращение как $\Delta G_{max}^{(gl)}$), то оно может быть получено на основе известных данных. Например, такие данные о приращении концентрации глюкозы в крови при приеме чистой глюкозы можно обнаружить в следующих работах:

Jennie C Brand-Miller, Karola Stockmann, Fiona Atkinson, Peter Petocz, and Gareth Denyer. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1000 foods. *Am J Clin Nutr.* 2009, 89, 97–105.

R. M. Elliott, L. M. Morgan, J. A. Tredger, S. Deacon, J. Wright, and V. Marks. Glucagon-like peptide-1(7–36)amide and glucose-dependent insulintropic polypeptide secretion in response to nutrient ingestion in man: acute post-prandial and 24-h secretion patterns. *J Endocrinol.* – 1993, 138, 159–166.

Наконец, искомое значение гликемического индекса GI потребленной человеком пищи определяется как отношение ΔG_{max} к $\Delta G_{max}^{(gl)}$, а именно:

$$GI = \left(\Delta G_{max} / \Delta G_{max}^{(gl)} \right) \cdot 100. \quad (2)$$

Здесь умножение указанного отношения на 100 позволяет привести полученное значение гликемического индекса к общепринятой форме.

Таким образом, способ в соответствии с настоящим изобретением позволяет получить оценку гликемического индекса потребленной пищи, во-первых, произвольного (или многокомпонентного, сложного) состава, то есть реальной пищи, которую потребляет человек, и, во-вторых, исключить сложные подсчеты, связанные с раздельным учетом входящих в состав потребленной пищи продуктов, их гликемических индексов и определением итогового значения гликемического индекса для потребленной пищи в целом. Что касается измерения концентрации глюкозы $G(t)$, то существующие сегодня, прежде всего, неинвазивные методы позволяют, во-первых, производить такие измерения в реальном времени с периодичностью, достаточной для надежного определения момента времени, когда прекращается рост концентрации глюкозы, вызванный пищевой нагрузкой, и, во-вторых, вполне комфортно для человека.

Упомянутые допущения, касающиеся определения количества углеводов C_{sum} , содержащихся в потребленной пище, через ΔG_{max} и Δt , определяемые на основании данных измерения концентрации глюкозы в крови $G(t)$, как показали эксперименты, могут привести погрешность в определении гликемического индекса GI на уровне
5 нескольких процентов, что вполне приемлемо для подобных измерений.

В частном случае, при измерении количества углеводов C_{sum} , содержащихся в потребленной пище, в граммах, упомянутого промежутка времени Δt в минутах и упомянутого максимального приращения концентрации глюкозы в крови ΔG_{max} в ммоль/л, то есть в привычных для данной области техники параметрах, коэффициент
10 пропорциональности K в выражении (1) выбирают в диапазоне от 0,35 г/мин·ммоль/л до 0,60 г/мин·ммоль/л. Данные значения получены изобретателями экспериментально.

В частности, при осуществлении способа с использованием упомянутых размерностей измеряемых величин ΔG_{max} , Δt и значения коэффициента K упомянутое максимальное приращение концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{max}^{(gl)}$,
15 которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы Gl , количество которой равно количеству углеводов C_{sum} , содержащихся в потребленной пище, определяют по графику, представленному на Фиг. 1. Этот график также получен экспериментально.

Как было отмечено, предпочтительным является измерение концентрации
20 глюкозы в крови человека неинвазивным способом.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Изобретение поясняется следующими графическими материалами.

На Фиг. 1 приведена зависимость максимального приращения концентрации глюкозы в крови человека $\Delta G_{max}^{(gl)}$, обусловленного приемом чистой глюкозы Gl ,
25 экспериментально полученная изобретателями и используемая при осуществлении способа в соответствии с настоящим изобретением.

На Фиг. 2 приведены результаты измерения концентрации глюкозы в крови для первого примера осуществления изобретения.

На Фиг. 3 приведены результаты измерения концентрации глюкозы в крови для
30 второго примера осуществления изобретения.

На Фиг. 4 приведены результаты измерения концентрации глюкозы в крови для третьего примера осуществления изобретения.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ в соответствии с настоящим изобретением осуществляется следующим образом. С началом приема пищи начинают измерять концентрацию глюкозы в крови человека $G(t)$. Для этого могут быть использованы любые приемлемые методы и технические средства, при этом предпочтительным является использование неинвазивного метода измерения, поскольку способ в соответствии с настоящим изобретением предполагает неоднократное измерение концентрации глюкозы в крови, и неинвазивные методы будут наиболее комфортны для человека. Измерения производят непрерывно или с определенной периодичностью, достаточной для надежной регистрации происходящих изменений концентрации глюкозы в крови во времени t . Вследствие поступления в организм человека пищи концентрация глюкозы в крови человека начинает расти и через некоторое время достигает своего максимального значения. После этого концентрация глюкозы начинает снижаться, что является сигналом для прекращения ее измерения.

По результатам выполненных измерений определяют промежуток времени Δt (в минутах) от начала роста концентрации глюкозы, вызванного приемом пищи, до достижения максимального значения концентрации глюкозы, а также максимальное приращение концентрации глюкозы $\Delta G_{\max}$ (в ммоль/л) за данный промежуток времени Δt .

Далее, используя формулу (1) вычисляют количество углеводов C_{sum} (в граммах), содержащееся в потребленной за данный прием пищи, при этом коэффициент пропорциональности K в примерах, приведенных ниже, принимался равным 0,525 г/мин·ммоль/л как среднее значение, характерное для взрослого здорового человека.

На основе определенного значения C_{sum} по графику, приведенному на Фиг. 1, определяют максимальное приращение концентрации глюкозы $\Delta G_{\max}^{(gl)}$, вызванное поступлением в организм человека пищи, состоящей из чистой глюкозы Gl , количество которой равно C_{sum} . Данный график получен авторами экспериментально, в процессе разработки данного способа. Вместо графика может быть использована

математическая зависимость, которая является аппроксимацией данной кривой, либо известные экспериментальные данные.

Наконец, гликемический индекс GI потребленной человеком пищи определяют по формуле (2) как отношение максимального приращения концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ к $\Delta G_{\max}^{(gl)}$ – максимальному приращению концентрации глюкозы в крови, которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы.

Как было указано, способ в соответствии с настоящим изобретением позволяет определять гликемический индекс, как отдельных продуктов, так и гликемический индекс поступившей в организм человека пищи, включающей различные продукты, или – гликемический индекс смешанной пищевой нагрузки. Последнее представляет основной практический интерес, связанный с оценкой гликемического индекса, поскольку в повседневной жизни человек потребляет пищу именно смешанного состава.

ПРИМЕРЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Для проверки осуществимости способа и достижения указанного результата был проведен ряд экспериментов. В ходе каждого эксперимента волонтер получал дозированную пищевую нагрузку, представляющую собой комбинацию различных продуктов. При этом в соответствии с настоящим изобретением измерялась концентрация глюкозы в крови волонтера от начала приема пищи до момента, когда прекращался рост концентрации глюкозы, вызванный приемом пищи. Концентрация глюкозы измерялась неинвазивным способом, описанным в международной заявке PCT/RU2013/000144 (номер международной публикации WO 2013/125987). Измерения производились с периодичностью 1 минута, и дополнительно результаты измерений контролировались стандартным инвазивным способом с забором пробы крови 1 раз каждые 15 минут. Результаты дискретных измерений фиксировались, и путем аппроксимации строились плавные кривые зависимости концентрации глюкозы G в крови человека от времени t , которые представлены на Фиг. 2 – Фиг. 4.

По полученным кривым определяли: промежуток времени Δt , в течение которого наблюдался рост концентрации глюкозы G , а также максимальное приращение концентрации глюкозы $\Delta G_{\max}$ за это время. Затем, используя выражение (1), вычисляли содержащееся в потребленной пище количество углеводов C_{sum} , по которому с использованием графика, представленного на Фиг. 1, определяли

максимальное приращение концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}^{(gl)}$, которое произошло бы в случае приема пищи, состоящей из чистой глюкозы GI , после чего по формуле (2) вычисляли гликемический индекс потребленной пищи.

В качестве контрольного был принят известный способ расчета суммарного (или
5 совокупного) гликемического индекса смешанной пищи, описанный в книге: *The glucose revolution: the authoritative guide to the glycemic index, the groundbreaking medical discovery* / by Jennie Brand-Miller et al. – Marlow & Company, New York, 1999, p. 33. Суть этого способа заключается в том, что вначале определяют количество в граммах углеводов, содержащихся в отдельных продуктах, и с учетом этого количества
10 определяют долю углеводов данного продукта во всей пищевой нагрузке. Затем для каждого продукта его гликемический индекс умножают на упомянутую долю углеводов, приходящуюся на продукт, а результаты суммируют, получая совокупный гликемический индекс пищевой нагрузки – GI , или:

$$GI = \sum_{j=1}^n P_j \cdot GI_j,$$

15 где: P_j – доля углеводов j -го продукта;

GI_j – гликемический индекс j -го продукта;

n – число отдельных продуктов, входящих в состав смешанной пищи.

Данные о гликемический индекс отдельных продуктов были взяты из таблиц, опубликованных в статье: Kaye Foster-Powell, Susanna HA Holt, and Janette C Brand-
20 Miller. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr.* – 2002, 76, 5–56.

В завершении экспериментов оценивалось отклонение значения совокупного гликемического индекса пищевой нагрузки (потребленной пищи), полученного с использованием способа в соответствии с настоящим изобретением, относительно
25 совокупного гликемического индекса этой же пищевой нагрузки, вычисленного контрольным способом.

ПРИМЕР 1.

Волонтер – женщина, возраст 50 лет, рост 164 см, вес 63 кг.

Состав пищевой нагрузки:

30 пирожное буше – 65 г (углеводы – 39,0 г, гликемический индекс (ГИ) – 75);
пирожное эклер – 69 г (углеводы – 20,7 г, ГИ – 75);

чай – 200 мл, с сахарным песком – 10 г (углеводы – 10 г, ГИ – 70).

Ниже в Таблице 1.1 приведены исходные данные и результаты расчета гликемического индекса потребленной пищи, выполненного контрольным способом.

Таблица 1.1

Состав пищи	Углеводы, г	Доля углеводов	ГИ продукта	Вклад в ГИ смешанной пищевой нагрузки
Пирожное буше	39,0	0,56	75	$0,56 \cdot 75 = 42,0$
Пирожное эклер	20,7	0,30	75	$0,30 \cdot 75 = 22,5$
Чай, сахарный песок	10,0	0,14	70	$0,14 \cdot 70 = 9,8$
Сумма	69,7	1,0		74,3

5 Определение гликемического индекса в соответствии с настоящим изобретением дало следующие результаты.

На Фиг. 2 в виде графика представлены результаты измерения концентрации глюкозы G с начала приема пищи, по которым были определены:

10 промежуток времени $\Delta t = 37$ мин, в течение которого наблюдался рост концентрации глюкозы, и

 максимальное приращение концентрации глюкозы $\Delta G_{\max} = 3,4$ ммоль/л за это время Δt .

15 По формуле (1) было определено количество углеводов C_{sum} , содержащееся в потребленном за данный прием количестве пищи, что составило $C_{\text{sum}} = 66,0$ г. При расчете коэффициент K принимался равным $0,525$ г/мин·ммоль/л.

 Максимальное приращение концентрации глюкозы в крови, которое произошло бы в случае приема пищи, состоящей из чистой глюкозы, определялось по графику на Фиг. 1 и составило $\Delta G_{\max}^{(gl)} = 4,6$ ммоль/л.

20 Окончательно гликемический индекс потребленной пищи вычисляли по формуле (2), что составило $GI = 72,3$.

 Для удобства результаты определения гликемического индекса потребленной пищи в соответствии с настоящим изобретением сведены в Таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Δt , мин	$\Delta G_{\max}$, ммоль/л	C_{sum} , г	$\Delta G_{\max}^{(gl)}$, ммоль/л	GI
37	3,4	66,0	4,6	72,3

Относительное отклонение результатов определения ГИ пищи с использованием способа в соответствии с настоящим изобретением относительно результатов вычисления ГИ пищи контрольным способом составило 2,8%.

ПРИМЕР 2

5 Волонтер мужчина, возраст 58 лет, рост 174 см, вес 84 кг.

Состав пищевой нагрузкой:

карбонат – 100 г (углеводы – 0,0 г);

хлеб белый – 54 г (углеводы – 40,9 г, ГИ – 85);

масло сливочное – 20 г (углеводы – 0,18 г, ГИ – 70);

10 кофе – 160 мл с сахаром – 10 г (углеводы – 10 г, ГИ – 70).

Ниже в Таблице 2.1 приведены исходные данные и результаты расчета гликемического индекса потребленной пищи, выполненного контрольным способом.

Таблица 2.1

Состав пищи	Углеводы, г	Доля углеводов	ГИ продукта	Вклад в ГИ смешанной пищевой нагрузки
Хлеб белый	40,9	0,80	85	$0,80 \cdot 85 = 68,0$
Масло сливочное	0,18	0,005	70	$0,05 \cdot 70 = 0,35$
Кофе, сахарный песок	10,0	0,195	70	$0,195 \cdot 70 = 13,65$
Сумма	51,1	1,0		82,1

15 Определение гликемического индекса в соответствии с настоящим изобретением дало следующие результаты.

На Фиг. 3 в виде графика представлены результаты измерения концентрации глюкозы G с начала приема пищи, а результаты определения гликемического индекса в соответствии с настоящим изобретением сведены в Таблицу 2.2.

20

Таблица 2.2

Δt , мин	$\Delta G_{\max}$, ммоль/л	C_{sum} , г	$\Delta G_{\max}^{(gl)}$, ммоль/л	GI
38	3,1	61,8	4,1	75,6

Относительное отклонение результатов определения ГИ пищи с использованием способа в соответствии с настоящим изобретением относительно результатов вычисления гликемического индекса пищи контрольным способом составило 7,7%.

25

ПРИМЕР 3

Волонтер женщина, возраст 22 года, рост 162 см, вес 53 кг.

Состав пищевой нагрузки:

котлета «Киевская» – 117 г (углеводы – 30,4 г, ГИ – 85);

гречневая каша – 125 г. (углеводы – 31,2 г, ГИ – 40);

5 кофе с сахаром – 160 мл (углеводы – 5 г, ГИ – 70).

Ниже в Таблице 3.1 приведены исходные данные и результаты расчета гликемического индекса потребленной пищи, выполненного контрольным способом.

Таблица 3.1

Состав пищи	Углеводы, г	Доля углеводов	ГИ продукта	Вклад в ГИ смешанной пищевой нагрузки
Котлета «Киевская»	30,4	0,46	85	$0,46 \cdot 85 = 39,1$
Гречневая каша	31,2	0,47	40	$0,47 \cdot 40 = 18,8$
Кофе, сахарный песок	5,0	0,07	70	$0,07 \cdot 70 = 4,9$
Сумма	66,7	1,0		62,8

10 Определение гликемического индекса в соответствии с настоящим изобретением дало следующие результаты.

На Фиг. 4 в виде графика представлены результаты измерения концентрации глюкозы G с начала приема пищи, а результаты определения гликемического индекса в соответствии с настоящим изобретением сведены в Таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Δt , мин	$\Delta G_{\max}$, ммоль/л	C_{sum} , г	$\Delta G_{\max}^{(gl)}$, ммоль/л	GI
39	3,25	66,5	4,64	70,0

15 Относительное отклонение результатов определения гликемического индекса пищи с использованием способа в соответствии с настоящим изобретением относительно результатов вычисления гликемического индекса пищи контрольным способом составило 4,9%.

20 Проведенные тесты показали, что способ в соответствии с настоящим изобретением может обеспечить оценку гликемического индекса сложной по составу пищи, то есть «реальной еды», поступающей в организм человека. При этом оценка гликемического индекса, получаемая данным методом, учитывает индивидуальные особенности усвоения человеком определенной пищи. Кроме того, результаты определения гликемического индекса потребленной пищи получаются сразу после ее приема, посредством измерения концентрации глюкозы в крови человека.

25

Способ предназначен преимущественно для определения гликемического индекса сложной по составу пищи, поступающей в организм здорового человека, и может быть использован для создания различных устройств и систем автоматического мониторинга за углеводной составляющей питания человека.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ определения гликемического индекса потребляемой человеком пищи, характеризующийся тем, что

5 измеряют концентрацию глюкозы в крови человека во времени, по меньшей мере, от начала роста концентрации глюкозы, вызванного приемом пищи, до достижения максимального значения концентрации глюкозы,

по результатам измерений определяют промежуток времени Δt от начала упомянутого роста концентрации глюкозы до достижения упомянутого максимального значения концентрации глюкозы и определяют максимальное приращение концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ за данный промежуток времени Δt ,

при этом гликемический индекс потребленной человеком пищи определяют как отношение максимального приращения концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ к максимальному приращению концентрации глюкозы в крови, которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы, количество которой равно количеству углеводов, содержащихся в потребленной пище, и которое определяют как величину, пропорциональную произведению $\Delta G_{\max}$ на Δt .

2. Способ по п. 1, характеризующийся тем, что количество углеводов, содержащихся в потребленной пище, определяют как

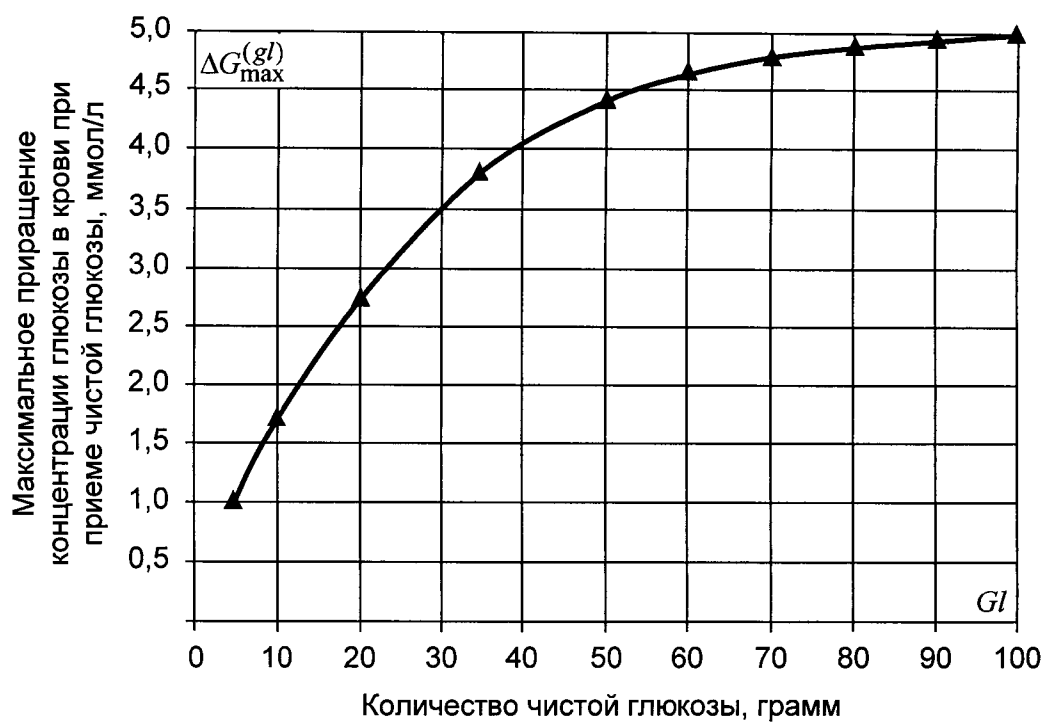
20
$$C_{\text{sum}} = K \cdot \Delta t \cdot \Delta G_{\max},$$

где K – коэффициент пропорциональности, который выбирают в диапазоне от 0,35 г/мин·ммоль/л до 0,60 г/мин·ммоль/л для случая измерения количества углеводов C_{sum} , содержащихся в потребленной пище, в граммах, упомянутого промежутка времени Δt в минутах и упомянутого максимального приращения концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}$ в ммоль/л.

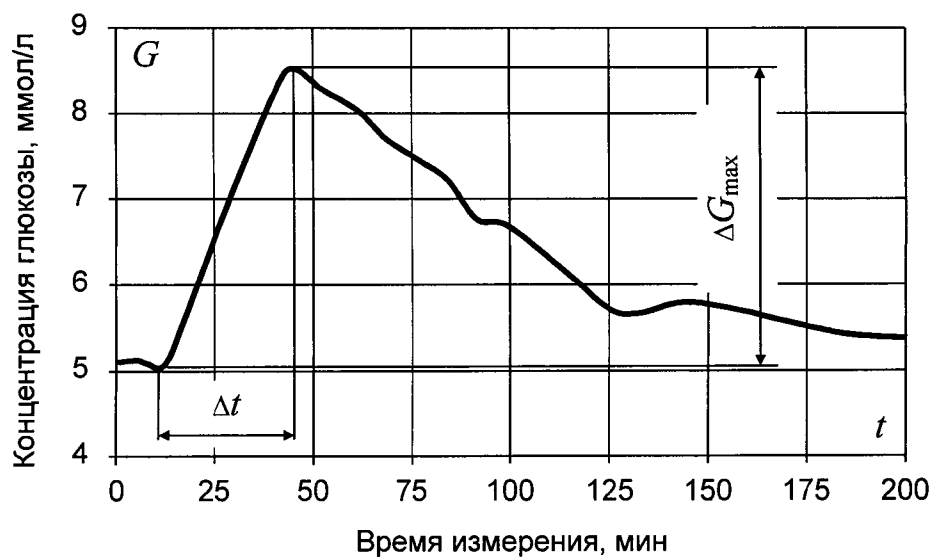
3. Способ по п. 2, характеризующийся тем, что упомянутое максимальное приращение концентрации глюкозы в крови $\Delta G_{\max}^{(gl)}$, которая поступила бы в организм человека при приеме чистой глюкозы Gl , количество которой равно количеству углеводов, содержащихся в потребленной пище, определяют по графику Фиг. 1.

30 4. Способ по п. 1, характеризующийся тем, что концентрацию глюкозы в крови человека измеряют неинвазивным способом.

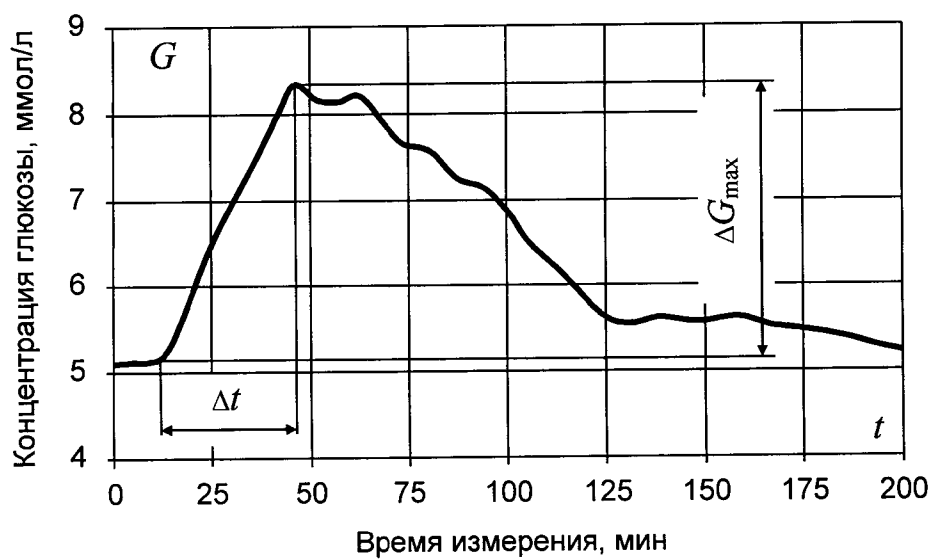
1/2



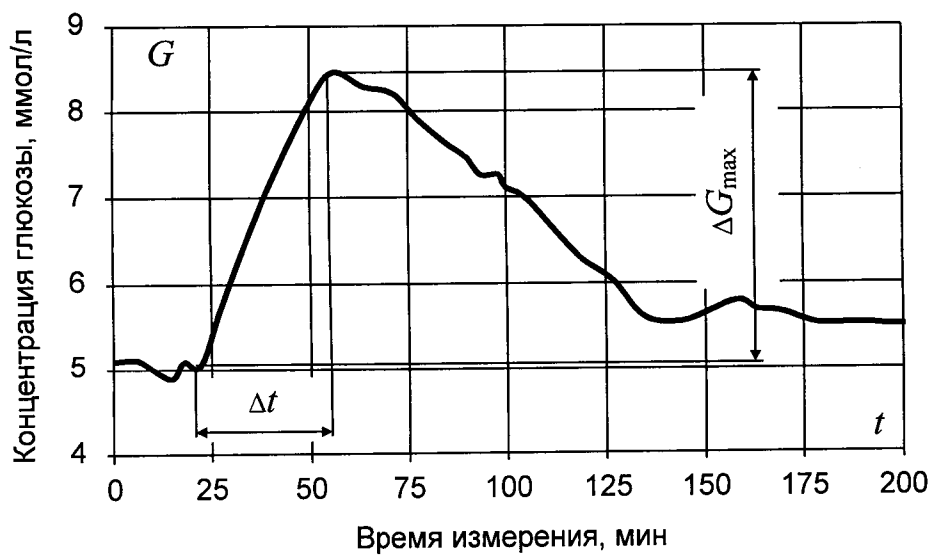
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2016/000099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 33/66 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 33/66, A61B 5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch, Esp@cenet, USPTO, Google

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 02/05702 A2 (HEALTHETECH, INC. et al.) 24.01.2002	1-4
A	N.C. IHEDIOHANMA. Determination of the Glycemic Indices of Three Different Cassava Granules (Garri) and the Effect of Fermentation Period on Their Glycemic Responses. Pakistan Journal of Nutrition 10 (1): 6-9, 2011	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 06 June 2016 (06.06.2016)	Date of mailing of the international search report 11 August 2016 (11.08.2016)
Name and mailing address of the ISA/ Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2016/000099

A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>G01N 33/66 (2006.01)</i>		
Согласно Международной патентной классификации МПК		
B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) G01N 33/66, A61B 5/00		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) PatSearch, esp@cenet, USPTO, Google		
C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	WO 02/05702 A2 (HEALTHETECH, INC. et al.) 24.01.2002	1-4
A	N.C. IHEDIOHANMA. Determination of the Glycemic Indices of Three Different Cassava Granules (Garri) and the Effect of Fermentation Period on Their Glycemic Responses. Pakistan Journal of Nutrition 10 (1): 6-9, 2011	1-4
☐ последующие документы указаны в продолжении графы C. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* “А” “Е” “L” “O” “P”	Особые категории ссылочных документов: документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано) документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д. документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение “Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности “У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста “&” документ, являющийся патентом-аналогом
Дата действительного завершения международного поиска 16 июня 2016 (16.06.2016)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 11 августа 2016 (11.08.2016)
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37		Уполномоченное лицо: Виноградова Е. Телефон № 8 (495) 531-64-81