

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201900343** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2020.12.30

(22) Дата подачи заявки
2019.05.30

(51) Int. Cl. *A61B 5/02* (2006.01)
A61B 8/06 (2006.01)
A61B 5/145 (2006.01)
G01N 11/00 (2006.01)
G01N 11/02 (2006.01)

(54) **СПОСОБ НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ**

(96) **2019/022 (AZ) 2019.05.30**

(71) Заявитель:
**ИНСТИТУТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ (AZ)**

(72) Изобретатель:
**Алиев Тельман Аббас оглы, Рзаев
Аббас Гейдар оглы, Расулов Сакит
Рауф оглы, Гулуев Гамбар Агаверди
оглы, Рзаев Эльшан Асиф оглы (AZ)**

(74) Представитель:
Алиев Т.А. (AZ)

(57) Изобретение относится к медицине, а именно к способам измерения вязкости крови человека. Сущность способа состоит в том, что эхокардиографически определяют скорость потока крови V , интегральную скорость потока крови ИСВ и средний радиус сосуда R , рассчитывают давление P по эмпирической формуле, определяющей зависимость (изменение) артериального давления по отделам всего маршрута потока крови: рассчитывают перепад давления ΔP на заданном участке N сосуда и определяют вязкость крови в артериях и капиллярах. Технический результат заявляемого изобретения состоит в том, что способ позволяет оперативно определить вязкость крови в необходимом отделе сосуда кровеносной системы.

A1

201900343

201900343

A1

СПОСОБ НЕИНВАЗИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ

Изобретение относится к медицине, а именно к способам измерения вязкости крови человека.

Одним из основных параметров, определяющих свойства крови и существенно влияющих на кровоток, является вязкость крови.

Повышение вязкости крови является важнейшей причиной увеличения периферического сосудистого сопротивления, снижения венозного возврата и, вследствие этого, уменьшения производительности сердца, транзитной гипертензии. Повышение вязкости приводит к функциональной недостаточности различных органов, срыву коронарного и мозгового кровообращения. Своевременное выявление повышения вязкости крови является необходимым условием для нормального функционирования органов и организма в целом.

Известно (1), что для определения параметров вязкости жидкостей, в том числе и крови применяют, в основном, методы Стокса, Пуазейля, а в медико-биологической практике еще и метод Гесса. На базе этих методов, учитывая важность проблемы, разрабатываются, усовершенствуются различные способы определения вязкости крови и их инструментальное оформление – вискозиметры различного типа, в том числе и капиллярные. Способ измерения вязкости крови капиллярным методом (1) осуществляют путем сравнения скорости продвижения крови и дистиллированной воды в одинаковых капиллярах в вакууме при комнатной температуре и опирается на закон Пуазейля (закономерность движения жидкости в капиллярах).

Указанный метод реализован в устройстве: вискозиметр ВК-4. При таком исследовании норма вязкости: 4,3 – 5,4 мПа·с для мужчин и 3,9 – 4,9 мПа·с для женщин, а при наличии каких-либо патологий в организме, вязкость может изменяться от 1,7 до 22,8 мПа·с.

Недостатком данного способа является то, что исследование, которое проводится с помощью вискозиметра ВК-4, является инвазивными. В этом случае практически невозможно избежать изменений свойств крови, что может отрицательным образом сказываться на точность измерения. К недостаткам можно отнести и длительность исследования.

Известен способ (2) определения гемодинамической вязкости крови μ_k , который включает измерение интенсивности падающего инфракрасного излучения I_0 , и излучения прошедшего через среду кровеносного сосуда I . По полученным данным производят расчет оптической плотности светопоглощающей среды $D_{оп}$ и определяют μ_k . Способ осуществляется устройством, которое содержит источник и приемник инфракрасного излучения, расположенные на концах наручного браслета (в области запястья) и вычислительное устройство.

Недостатком данного способа является то, что способ не учитывает толщину запястья у обследуемых, через которую проходит излучение, что приводит к большим погрешностям в измерении вязкости. Это обусловлено тем, что интенсивность падающего света, прошедшего через однородную поглощающую среду постепенно ослабевает и это ослабление увеличивается при увеличении толщины поглощающей среды.

Кроме того общим недостатком этих измерений вязкости крови является то, что эти методы (1, 2) не учитывают вязкоэластичные свойства крови, которые зависят от многих параметров, таких как: вязкость плазмы, деформация красных кровяных тел, образование скоплений и гематокрита. Неоднородность структуры крови, специфика строения и разветвления кровеносных сосудов приводит к довольно сложному распределению вязкости крови, движущейся по сосудистой системе, что при существующих методах измерения вязкости крови не позволяет получить достоверных результатов.

Наиболее близким (3) по заявляемой сущности является способ, в котором на основе эхокардиографического обследования определяют пиковую

скорость потока крови V_n и средней диаметр сосуда D , рассчитывают перепад давления, и затем по приведенному алгоритму рассчитывают вязкость крови.

Недостаток указанного изобретения состоит в несовершенстве используемого алгоритма определения вязкости крови, не позволяющей достоверно определить вязкость на разных участках системы кровообращения.

Задача изобретения состоит в повышении точности измерения и упрощении процедуры определения вязкости крови не только в артериальных сосудах, но и в капиллярных.

Сущность способа состоит в том, что эхокардиографически определяют скорость потока крови V , интегральную скорость потока крови ИСВ и средний радиус сосуда R , рассчитывают давление P по эмпирической формуле, определяющей зависимость (изменение) артериального давления по отделам всего маршрута потока крови:

$$P = 33,2(N - 1)^2 + 60,2 \left(1 - \exp\left(-\frac{N}{N_x}\right)\right) + 3,6,$$

по формуле $\Delta P = P_{N+1} - P_N$ рассчитывают перепад давления ΔP на заданном участке N сосуда и по формулам:

$$\mu_a = a \frac{R_a^2 \Delta P_a}{2V_a \cdot \text{ИСВ}} \quad \text{и} \quad \mu_k = \frac{R_k^2}{2V_k} \cdot \frac{\Delta P_k}{L_k} = \frac{R_k^2}{2V_k} \text{ grad } P$$

определяют вязкость крови в артериях и капиллярах;

где: R_a, R_k — соответственно средние радиусы артерий и капилляров сердечно-сосудистой системы, см;

V_a, V_k — скорость кровотока в артерии и капиллярах см/с;

ИСВ - интегральная скорость потока крови, см;

$\Delta P_a, \Delta P_k$ - перепады давлений в артерии и капиллярах, Па;

N - номер отдела сосуда по порядку ;

N_x - характеристический показатель степени падения давления в сосудах по всему маршруту кровотока сердечно-сосудистой системы;

a - коэффициент соответствия;

L_k – средняя длина капилляров, см.

Заявляемое изобретение отличается от прототипа тем, что на основе известных экспериментальных данных, разработана эмпирическая формула, определяющая зависимость (изменение) артериального давления по отделам кровеносной системы всего маршрута потока крови:

$$P = 33,2(N - 1)^2 + 60,2 \left(1 - \exp \left(-\frac{N}{N_x} \right) \right) + 3,6,$$

которая позволяет определить вязкость крови по всему маршруту потока крови, т.е. по всем отделам сердечно-сосудистой системы, от артериальных до капиллярных. Способ основан на результатах эхокардиографических исследований пациента с использованием разработанного математического алгоритма автоматического расчета вязкости крови по полученным параметрам эхокардиографии.

Известно, что эхокардиография является методом визуализации не только при сосудисто-сердечных заболеваниях, но и других клинических ситуаций, таких как: неотложная терапия, анестезиология и реаниматология в которых эхокардиография является единственно доступным методом исследования. Известно также (4), что сосуды всей сосудистой системы по ее длине (фиг.1) имеют разные размеры и подразделяются на отделы (N) по виду сосуда и по порядку отдела от аорты – (0 отдел) на: крупные артерии - 1, мелкие артерии -2, артериолы -3, капилляры -4, венулы -5, вены -6, полые вены -7.

Авторы изобретения предлагают использовать эхокардиографию в процессе клинического обследования больного и алгоритм расчета, разработанный авторами для получения одного из важных параметров таких исследований - определения вязкости крови в любом отделе сосуда сердечно-сосудистой системы.

Известно, что кровяное давление в сосудистой системе изменяется в зависимости от отдела системы (4) и самое большое давление в артериальном отделе. Разработка формулы, определяющей зависимость

(изменение) артериального давления по отделам всего маршрута потока крови основывалась на известных экспериментальных работах (4,5,6). Для разработки алгоритма автоматического определения вязкости крови, известный (4) график на фиг.1, построенный на основании экспериментальных данных, был преобразован авторами изобретения в график на фиг.2, (который иллюстрирует величину изменения давления при протоке крови в каждом отделе системы) и проанализировано изменение перепада давления ($\Delta P = P_{N+1} - P_N$) в каждом отделе кровеносной системы. На основании этих преобразований и анализа, была выведена формула зависимости (изменение) артериального давления по отделам всего маршрута потока крови. Она адекватно отображает изменение артериального давления в зависимости от отдела системы. Используемый в формуле параметр N_x - характеризующий степень падения давления в сосудах системы, определяется на основе экспериментальных данных (фиг.1) методом наименьших квадратов. Коэффициент a также определяется на основе экспериментальных данных и методом наименьших квадратов

Способ осуществляется следующим образом.

Эхокардиографически измеряют скорость потока крови V , интегральную скорость потока крови ИСВ и средний радиус сосуда R . Так как в отделе капилляров невозможно измерить значения ИСВ, то в формуле для капилляров вместо ИСВ используется средняя длина сосуда L_k

Данные вносятся в вычислительное устройство, в котором по заявляемому алгоритму осуществляют определение вязкости крови в необходимом отделе сосуда системы. Способ проиллюстрирован фиг.1 и фиг.2.. На фиг.1 изображено кровяное давление в разных частях сосудистой системы. Заштрихованная область – колебания давления во время систолы и диастолы. Пунктиром обозначено среднее давление: 1 – в аорте; 2 – в крупных артериях; 3 – в мелких артериях; 4 – в в артериолах; 5 – в капиллярах; 6 – в венах; 7 – в венах; 8 – в полых венах. На фиг.2 - преобразованная фиг.1.

Примеры конкретного выполнения способа.

Пример 1.

$$\mu_a = 0,01 \frac{R_a^2 \Delta P_a}{2v_a \cdot UCB} = 0,01 \frac{1,051 \cdot 473}{2 \cdot 40 \cdot 10,5} = 0,00591 \text{Па} \cdot \text{с} = 5,91 \text{мПа} \cdot \text{с}$$

Измеряемые эхокардиографом параметры для примера взяты из источника 5, с.113: $v = 40 \text{см/с}$; $UCB = 10,5 \text{см}$; $R = 1,025 \text{см}$.

$\Delta p = 3,6 \text{ мм. рт. ст.} = 473 \text{Па}$ взята из графика (фиг. 2);

$a = 0,01$

Пример 2.

Для этого примера параметры взяты из источника 7, с 389-390

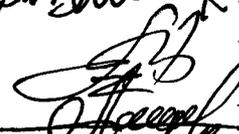
Таб.9.1 $d_k = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{см}$; $L = 0,1 \text{см}$

Таб.9.2. $v_k = 0,1 \text{см/с}$ / $\Delta p = 10 \text{ мм рт. ст}$

$$\begin{aligned} \mu_k &= \frac{R_k^2 \Delta P_k}{2v_k \cdot L_k} = \frac{(3,75 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 1316}{2 \cdot 0,07 \cdot 0,1} = \frac{1850,6 \cdot 10^{-7}}{14 \cdot 10^{-3}} = 132 \cdot 10^{-4} \\ &= 13,2 \cdot 10^{-3} \text{Па} \cdot \text{с} = 13,2 \text{мПа} \cdot \text{с} \end{aligned}$$

Технический эффект заявляемого изобретения состоит в том, что способ позволяет оперативно определить вязкость крови в необходимом отделе сосуда кровеносной системы.

Авторы:

 Алиев Т.А.
 Рзаев А.Б.
 Гулуев Г.А.
 Расулов С.Р.
 Рзаев Э.А.

Директор Института
Систем управления ИАНА,
академик



 Т.А.Алиев

ЛИТЕРАТУРА

1. М.А.Сидорова, Н.А.Сержантова «Особенности применения инструментальных методов измерения вязкости крови человека», Известия ЮФУ Технические науки с.186-191.
2. Вязкость крови «https://tirit.org/articles/rheology_03.php»
3. Заявка на изобретение № 2018 (041 Аз)
4. Н.А.Ромин «Физиология человека» М. «Просвещение»,1981,с.68
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BB%D1%8F%D1%80>, Капилляр.
6. Элисдэйр Райдинг. Эхокардиография, практическое руководство. Москва, «МЕДпресс-информ», 2010
7. Ткаченко Б.И. «Нормальная физиология человека» М.Медицина,2015

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ неинвазивного определения вязкости крови состоит в том, что эхокардиографически определяют скорость потока крови V , интегральную скорость потока крови ИСВ и средний радиус сосуда R , по формуле:

$$P = 33,2(N - 1)^2 + 60,2 \left(1 - \exp\left(-\frac{N}{N_x}\right)\right) + 3,6,$$

определяющей зависимость артериального давления по длине сосуда рассчитывают давление P и по формуле: $\Delta P = P_{N+1} - P_N$ рассчитывают перепад давления ΔP на заданном участке N сосуда, а вязкость крови в артериях и капиллярах определяют по формулам:

$$\mu_a = \frac{R_a^2 \Delta P_a}{2V_a \cdot \text{ИСВ}} \quad \text{и} \quad \mu_k = \frac{R_k^2}{2V_k} \cdot \frac{\Delta P_k}{L_k} = \frac{R_k^2}{2V_k} \text{grad } P$$

где: R_a, R_k – соответственно средние радиусы артерий и капилляров микроциркуляции крови сердечно-сосудистой системы, см;

V_a, V_k – скорость кровотока в артерии и капиллярах см/с;

ИСВ - интегральная скорость потока крови, см ;

$\Delta P_a, \Delta P_k$ - перепады давлений в артерии и капиллярах, Па;

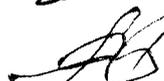
N – номер сосуда по порядку;

N_x – характеристический показатель степени падения давления в сосудах по всему маршруту кровотока сердечно-сосудистой системы;

L_k – средняя длина капилляров, см.

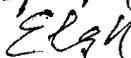
Авторы:

 Алиев Т.А

 Рзаев Аб.Г.

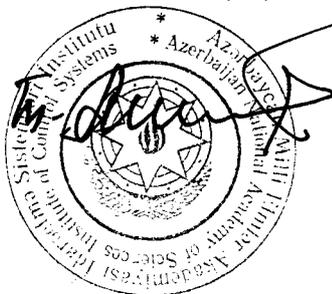
 Гулуев Г.А.

 Расулов С.Р

 Рзаев Э.А

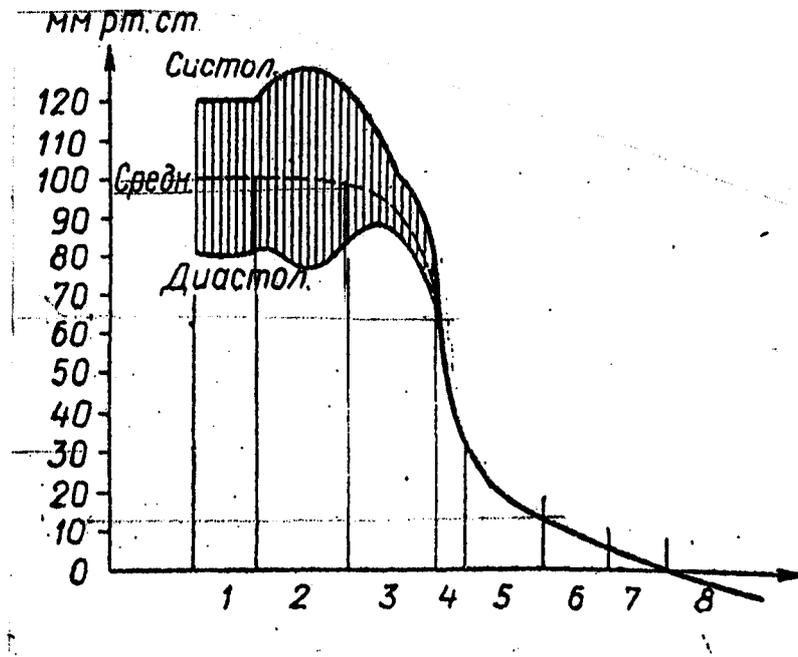
Директор Института

Систем управления НАНА,
академик



Т.А.Алиев

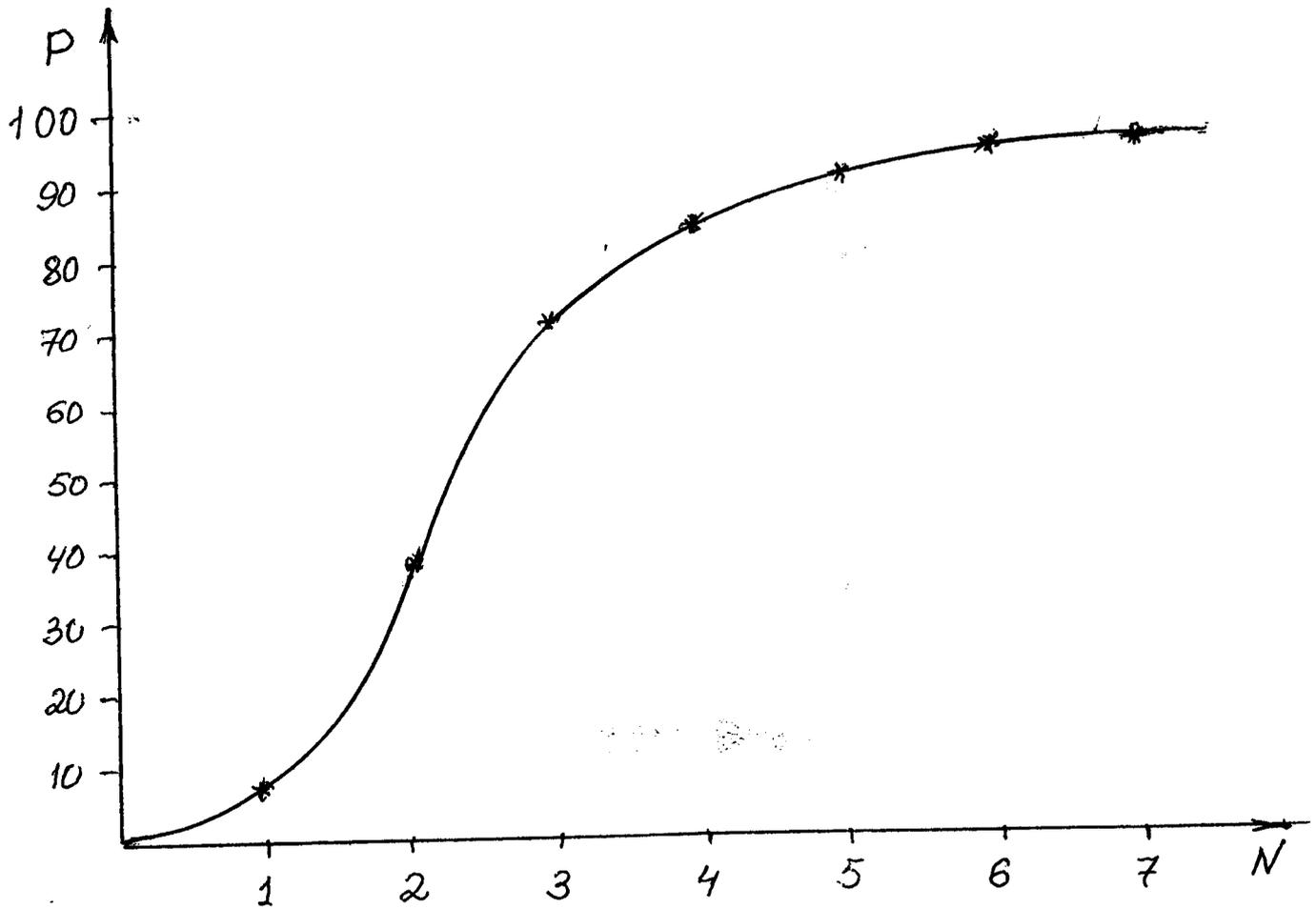
СПОСОБ НЕИНВАЗИВНОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ



Фиг.1

Авторы: Алиев Т.А
Рзаев АБ.Г.
Гулуев Г.А.
Расулов С.Р.
Рзаев Э.А.

СПОСОБ НЕИНВАЗИВНОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ КРОВИ



Фиг.2

Авторы: Алиев Т.А
Рзаев АБ.Г.
Гулуев Г.А.
Расулов С.Р.
Рзаев Э.А.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:
201900343

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:
A61B 5/02 (2006.01)
A61B 8/06 (2006.01)
A61B 5/145 (2006.01)
G01N 11/00 (2006.01)
G01N 11/02 (2006.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
 A61B 5/02, A61B 8/06, G01N 11/00

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2476146 C1 27.02.2013, весь документ	1
A	RU 2482790C1 20130527, весь документ	1
A	RU 2305490C1 20070910, весь документ	1
A	EA 030401 B1 31.07.2018, реферат, формула	1
A	RU 2125265 C1 20.01.1999, реферат, формула	1
A	RU 2517784 C1 27.05.2014, реферат, формула	1
A	RU 2522931 C1 20.07.2014, реферат, формула	1
A	WO1992015239 A1 17.09.1992, реферат, формула	1
A	EP 1072879 A2 20010131, реферат, формула	1
A	EP 2292142 A1 09.03.2011, реферат, формула	1

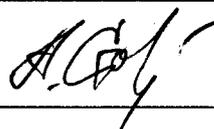
последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:
 «А» - документ, определяющий общий уровень техники
 «D» - документ, приведенный в евразийской заявке
 «E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
 «O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
 "P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
 «X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
 «Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
 «&» - документ, являющийся патентом-аналогом
 «L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **14/02/2020**

Уполномоченное лицо:
 Начальник отдела химии и медицины

 А.В. Чебан