

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **043587**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.06.02**

(51) Int. Cl. *A61N 2/02* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201891554**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.07.30**

---

(54) **СИСТЕМА И ИНДУКТОР ДЛЯ МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОПУХОЛЬ**

---

(31) **a20180360**

(56) US-A1-20170014637

(32) **2018.07.25**

RU-C2-2245728

(33) **BY**

EA-A1-201200044

(43) **2020.02.28**

RU-U1-58043

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ПЛЕТНЕВ СЕРГЕЙ  
ВЛАДИМИРОВИЧ (BY)**

(72) Изобретатель:

**Плетнев Сергей Владимирович,  
Плетнев Андрей Сергеевич,  
Пономарев Сергей Викторович,  
Жилинский Никита Сергеевич,  
Виноградов Сергей Геннадьевич (BY)**

(74) Представитель:

**Виноградов С.Г. (BY)**

---

(57) Изобретение относится к техническим средствам для лечения и профилактики новых образований в теле человека, таких как опухоль. Система включает индукторную часть с множеством электромагнитных катушек, расположенных на поверхности части тела и охватывающих область опухоли, и подключенных генератору токов для возбуждения в катушках магнитных полей, индуцирующих терапевтическое магнитное поле в области опухоли. Система и индуктор характеризуются тем, что с внешней стороны катушки связаны магнитопроводами, а генератор выполнен в виде импульсного генератора с частотой следования импульсов 2,5-1000 Гц, частотой в импульсе 0,2-500 кГц, возбуждающих магнитное поле с индукцией 0,1-100 мТл. Вариант индуктора содержит две ортогональные пары противоположных катушек, охватывающих часть тела, содержащую опухоль, причем катушки попарно соединены последовательно и охвачены общим магнитопроводящим слоем. Такая система и индуктор имеют расширенные возможности воздействия на опухоль при осуществлении длительных процедур с высокой степенью комфортности.

---

**043587**  
**B1**

**043587**  
**B1**

Изобретение относится к техническим средствам для лечения и профилактики новых образований в теле человека, таких как опухоль. При этом интерес представляют неинвазивные подходы.

#### **Уровень техники**

Особую проблему представляет лечение рака мозга. Медикаментозное лечение сильно затруднено из-за гематоэнцефалического барьера, который он не пропускает целый ряд лекарственных препаратов.

Известны средства неинвазивного воздействия на опухоль с помощью электрических полей, так называемых полей для лечения опухолей (ПЛО) [(WO 2017175116) REDUCING MOTILITY OF CANCER CELLS USING TUMOR TREATING FIELDS (TTFIELDS)]. В предложенной заявке применяется воздействие переменных электрических полей, с помощью емкостных спаренных электродов, расположенных на голове пациента. Осциллирующие электрические поля на частотах 100-300 кГц и величиной 1-3 В/см предотвращают развитие митотического деления клеток глиобластомы в опухоли мозга.

Одной из значительных проблем в этом подходе является трудность точного нацеливания необходимых электрических полей на пораженные ткани. Различные участки мозга имеют различные проводимости и поэтому пораженные участки могут шунтироваться.

Кроме того, электроды и токи, необходимые для лечения, могут повлиять на комфорт пациента. Для такого лечения волосы пациента должны быть выбриты и электроды должны быть прикреплены к коже. Высокие токи, требуемые для прохождения через скальп и череп к основной ткани мозга часто приводят к раздражениям и сыпи.

Еще одна проблема заключается в том, в связи с малыми допустимыми значениями параметров полей, методика лечения требует проведения длительных процедур (вплоть до 12 ч). В то же время потребляемая мощность достаточно высока. В совокупности это требует использования мобильной системы и достаточно мощных аккумуляторов. В реальной конструкции прибора "Optune" используются 4 батареи, длительность работы которых составляет 2-3 ч и они требуют замены или перезарядки в течение лечения, т.к. длительность одной процедуры составляет 12 ч. Для этого пациент должен носить с собой специальный рюкзак. (<https://www.optune.com/therapy/explore-therapy>).

Более прогрессивным является техническое решение, которое также использует принцип ПЛО, однако, в этом случае поля создаются посредством индукции переменным электромагнитным полем (патентная заявка США US 20170014637 A1, опубликованная 19.01.2017). Система по заявке содержит множество катушек и генератор электромагнитного поля, который возбуждает множество катушек таким образом, чтобы получить поле для лечения опухоли (ПЛО) в области образца, где ПЛО имеет изменяющийся во времени компонент магнитного поля, который, в свою очередь индуцирует электрическое поле величиной, по меньшей мере, 0,1 В/см при частоте от 50 до 500 кГц. При этом катушки прикреплены к жесткой оболочке в виде шлема для лечения опухолей головного мозга. При этом генератор с катушками могут создавать индуцированное электрическое поле величиной 0,5, 1,0, 2, 5, 10 или 100 В/см.

Магнитное поле обладает лучшей проникающей способностью и не так зависит от различий проводимостей различных участков тканей в области опухоли, предлагаются различные формы и конфигурации катушек, однако, все еще требуется достаточно высокая мощность для достижения требуемых параметров.

Применение магнитного поля для терапии более комфортно и не требует бритья головы, не вызывает раздражения, однако, потребляемая мощность и, соответственно, вес аппарата все еще высоки и даже могут быть больше, чем в случае электродного метода.

Кроме того, оба метода и приборы на их основе используют достаточно высокие частоты, которые не лежат в диапазоне биологически восприимчивых частот и, в значительной мере, могут вызывать электромагнитный нагрев, как индукторов, так и тканей на поверхности и во всем объеме, охватываемом системой. Поэтому при исследованиях этих систем изобретателям не удалось применить метод сравнения с "плацебо", т.к. по ощущениям тепла пациент сразу может определить работает прибор или нет.

Такое ограничение частотного диапазона не использует иные возможности воздействия на клетки опухоли.

В то же время, известен метод и система для лечения и подавления роста опухолей (Евразийская заявка № 201200044, опубликованная 30.05.2013 г.), в которой основное низкочастотное импульсное магнитное воздействие направленное на подавление роста опухоли, осуществляют магнитными импульсами с амплитудой от 10 до 100 мТл, с частотой следования импульсов от 2 до 100 Гц в течение серии от 3 до 10 сеансов длительностью 10-20 мин.

Эксперименты по воздействию низкочастотного импульсного магнитного поля проводились с помощью различных по форме, размерам и мощности индукторов. При этом индуцируемая в тканях напряженность электрического поля достигала  $10^3$  В/м. Такие значения поля лежат ниже порога чувствительности и не вызывают дискомфорта у пациентов.

Тем не менее, в упомянутом техническом решении используется только низкочастотный диапазон ПЛО, а также требуется достаточно большое энергопотребление.

#### **Задача изобретения**

Задачей изобретения является повышение эффективности и расширение диапазона параметров полей для эффективного лечения опухолей, снижение энергопотребления, обеспечение необходимой дли-

тельности процедур и повышение комфортности проведения длительных процедур.

#### **Краткое описание сущности изобретения**

Поставленная задача решается таким образом, что система для воздействия на опухоль, включает индукторную часть с множеством электромагнитных катушек (1), расположенных на поверхности части тела и охватывающих область опухоли. Указанные катушки подключены к средствам генерирования токов (2) для возбуждения в катушках магнитных полей, индуцирующих терапевтическое магнитное поле для лечения в области опухоли.

Система согласно изобретению характеризуется тем, что катушки с внешней стороны связаны магнитопроводами (3), а генератор выполнен в виде импульсного генератора с частотой следования импульсов 2,5-1000 Гц, частотой в импульсе 0,2-500 кГц. При этом в катушках возбуждается магнитное поле с индукцией 0,1-100 мТл.

Согласно дальнейшему усовершенствованию, система характеризуется тем, что магнитопроводы выполнены в виде магнитопроводящего слоя.

Магнитопроводящий слой может быть выполнен из ферромагнитного композита.

В одном из эффективных вариантов осуществления изобретения магнитопроводы выполнены из пленки аморфного металлического стекла (металгласа).

Такое решение позволяет одновременно существенно снизить энергопотребление при одновременном увеличении магнитной индукции. Аналогичный подход был применен в решении по ЕА патенту 029012 на "Распределенный магнитный терапевтический индуктор". В контексте данного изобретения появилась новая возможность повышения эффективности воздействия на опухоли при длительных процедурах или непрерывном использовании и повышении комфортности проведения терапии. Кроме того, расширяется возможность более эффективного воздействия на клетки опухоли за счет расширения частотного диапазона терапевтического магнитного поля в области нижних частот по сравнению с решениями по заявкам WO 2017175116 и US 20170014637 A1, а также возможностей комбинирования низкочастотного и высокочастотного воздействий и их импульсных вариаций и модуляций.

В целом такая совокупность признаков определяет новизну и изобретательский уровень. Магнитная связанность катушек в сочетании с расширенным частотным диапазоном и импульсным характером формирования воздействия на клетки опухоли, позволяют в данном решении повысить эффективность комфортность лечения, как за счет существенного увеличения значения магнитной индукции при значительном снижении тока в катушках и потребляемой мощности, что позволяет уменьшить вес аккумуляторов до размеров обычных AA или AAA, при этом увеличив сроки непрерывной процедуры без перезаряда аккумуляторов. При этом для магнитной связи катушек может использоваться эластичная ферромагнитная пленка или пленка из металлического стекла. Такое выполнение магнитопровода позволяет создать эластичные индукторы, что существенно влияет на комфортность при их длительном применении. При этом металлическое стекло обладает еще очень высокой экранирующей способностью для электромагнитного излучения.

Кроме того, в такой конфигурации индуктивные элементы системы обеспечивают требуемую широкополосность воздействия и возможности комбинированного низкочастотного и высокочастотного воздействий в импульсных и непрерывных режимах.

Все вышеуказанные возможности учтены в наиболее предпочтительном варианте системы, в которой средства генерации дополнительно включают носитель (4) с записанными параметрами импульсов, эффективными для определенных видов опухолей. Этот носитель соединен через устройство управления (6) (процессор) с программируемым формирователем импульсов ЦАП (5), выход которого подключен к коммутатору электромагнитных катушек (2), при этом коммутатор является программируемым.

Вместе с тем, расширение диапазона воздействия с целью повышения эффективности лечения требует дополнительного управления, для чего предусмотрены, соответственно, накопитель с записанными параметрами импульсов, эффективными для определенных видов опухолей.

Здесь для каждого вида опухоли хранятся характерные параметры формы и частоты импульсов, эффективно подавляющих данный вид опухоли. Такие данные получают из экспериментов и хранят в базе данных. Соответствующие параметры через устройство управления (процессор) поступают на программируемый формирователь импульсов (ЦАП), выход которого подключен к коммутатору электромагнитных катушек. Таким образом, эффективность лечения еще повышается за счет эффективного воздействия в широком диапазоне частот и их комбинаций в импульсах магнитного поля.

Для лечения опухолей и возможности проведения наиболее комфортных длительных процедур, в соответствии с настоящим изобретением, разработан новый индуктор, включающий, по меньшей мере, две ортогональные пары противоположных катушек (13, 14), охватывающих часть головы (11), содержащую опухоль (12), причем снаружи катушки охвачены общим магнитопроводящим слоем (15) и попарно последовательно подключаются к генерирующему устройству (16).

Целесообразно использовать такой индуктор для лечения опухолей мозга. При этом катушки охватывают голову человека, содержащую опухоль мозга. Такие катушки не являются тяжелыми и в то же время создают достаточно эффективное поле во всем заявленном диапазоне, легко маскируются в любом головном уборе и, в сочетании с компактным блоком управления и элементами питания, которые могут

размещаться просто в кармане, не вызывают никакого неудобства при проведении длительных процедур.

Еще одно усовершенствование заключается в том, что дополнительно включает еще две ортогональные пары противоположных катушек, смещенных относительно оси первых двух пар на угол в пределах от 30 до 60°. Такая конфигурация объемных катушек позволяет повысить эффективность лечения и дает возможность работы одновременно в двух режимах, например, в режиме подавления роста опухоли и в режиме стимулирования иммунных резервов организма.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1 представлена система в варианте с множеством катушек, расположенных на внутренней поверхности шлема или головного убора, предназначенного для лечения опухоли головного мозга, устройства управления и питания, а также связь с внешней системой, клиникой и глобальной базой данных.

На фиг. 2 представлена схема комфортного головного индуктора с четырьмя катушками (две пары ортогональных катушек) и портативной автономной системой управления.

На фиг. 3 представлен вариант индуктора с дополнительными двумя парами ортогональных катушек, смещенными друг относительно друга.

Описание системы в статике.

Система для воздействия на опухоль, показанная на фиг. 1, включает индукторную часть с множеством электромагнитных катушек (1), расположенных на внутренней поверхности частично сферического головного убора, охватывающих голову и область опухоли. Указанные катушки подключены своими выводами к средствам генерирования токов (2) для возбуждения в катушках магнитных полей, индуцирующих терапевтическое магнитное поле для лечения в области опухоли.

Катушки (1) с внешней стороны связаны магнитопроводами (3), которые могут также выполнять роль экрана или внешней электромагнитной защиты. Генераторная часть выполнена в виде импульсного генератора с частотой следования импульсов 2,5-1000 Гц, частотой в импульсе 0,2-500 кГц. При этом в катушках возбуждается магнитное поле с индукцией 0,1-100 мТл.

Средства генерации дополнительно включают носитель (4) с записанными параметрами импульсов, эффективными для определенных видов опухолей. Этот носитель (4) соединен через устройство управления (6) (процессор) с программируемым формирователем импульсов ЦАП (5), выход которого подключен к коммутатору электромагнитных катушек (2), при этом коммутатор является программируемым. При этом все блоки подключены к автономному источнику питания (7). Устройство управления (6) также связано через беспроводную связь и интернет или иную сеть (8) с информационно-клиническим центром (9), которое располагает или связано с базой данных параметров ПЛЮ для различных видов рака (10).

Описание работы системы.

Система работает следующим образом.

В соответствии с проведенными клиническими исследованиями в клиническом центре (9) врач устанавливает место, размеры и вид рака, вызвавшего образование опухоли, и назначает процедуры. В клиническом центре предварительно проводят исследование по определению параметров эффективного магнитного воздействия, для подавления клеток опухоли различных видов рака по методам, например, как в <https://www.novocure.com/our-pipeline/#clinical-trials>, только для магнитных полей и в расширенном, согласно изобретению, диапазоне частот и импульсных параметров магнитных ПЛЮ.

По данным таких исследований создается база данных ПЛЮ (10), данные из которой могут запрашиваться и передаваться по доступным каналам связи (8) в управляющие блоки (6) индивидуальных терапевтических приборов, и переносятся в их локальные накопители (4). Также врач задает программу процедур в соответствии с рекомендациями клинического центра.

По сигналу начала процедуры блок управления (6) передает заданные параметры из накопителя (4) программируемому формирователю импульсов ЦАП (5), выход которого подключен к программируемому коммутатору (2) электромагнитных катушек (1). При этом соответствующие катушки (1) создают соответствующее магнитное поле заданной направленности и индукции. В результате совокупность катушек (1) создает объемное терапевтическое магнитное поле в части тела (области головы) в которой расположена опухоль. Такая конфигурация дополняется тем, что с наружной стороны катушки магнитно связаны магнитопроводящим слоем (3). Это позволяет добиться значительного увеличения индукции, причем при существенном снижении энергопотребления. Вместе с тем, это расширяет терапевтические возможности, как за счет возможности увеличения длительности и комфортности процедур, так и за счет расширения диапазона лечебного воздействия, как в сторону низких частот, так и за счет комбинирования различных (низкочастотного и среднечастотного, подавляющего и стимулирующего) воздействий на протяжении всей процедуры, например, в течение дня. Таким образом, предлагаемая система может использовать, и все возможности ПЛЮ, и все терапевтические возможности низкочастотной импульсной магнитотерапии, как в области подавления роста опухоли, так и в области стимулирования иммунной системы, снижения вязкости крови и улучшения кровообращения и т.п., а также увеличить длительность проводимых процедур и осуществлять комбинированное воздействие в течение всей процедуры.

Описание варианта индуктора.

Одним из вариантов осуществления изобретения, дополняющим и развивающим возможности изо-

бретенного подхода, является индуктор, представленный на фиг. 2, и состоящий из, по меньшей мере, двух ортогональных пар противоположных катушек (13, 14), охватывающих часть тела, например голову (11), содержащую опухоль (12), причем противоположные катушки попарно соединены последовательно и охвачены общим магнитопроводящим слоем (15).

Преимущества такой конструкции заключаются в получении достаточно интенсивного магнитного поля от катушек в сочетании с магнитопроводящим слоем и значительно увеличению магнитной индукции. При этом сохраняется широкополосность индуктора, как в низкочастотном, так и в среднечастотном диапазонах.

Последовательное включение противоположных пар катушек, подобно катушками Гельмгольца, обеспечивает практически однородного во всем охватываемом объеме, т.е. на всю глубину выбранной части тела.

В то же время большая охватываемая катушками площадь поверхности и их гибкость обеспечивают небольшие изменения их формы и их адаптацию к поверхности части тела. Для лечения опухолей мозга такая конструкция может быть легко встроена в головной убор и не вызывать дискомфорта при длительном использовании.

Указанные катушки (13, 14) подключаются к портативному генерирующему устройству (16), формирующему импульсы тока для возбуждения магнитного поля в указанных катушках (13, 14). Устройство управления (17) контролирует выполнение процедуры по определенной программе, задаваемой или выбираемой врачом из набора программ, хранящихся в накопителе (18).

Все генерирующее устройство является портативным и легко размещается в кармане верхней одежды, не вызывая дискомфорта, не привлекая внимания окружающих. Питание осуществляется от пальчиковых аккумуляторов (19).

Работа устройства аналогична работе устройства на фиг. 1.

#### **Примеры осуществления изобретения**

В примере конкретного выполнения в макете использовались 4 пальчиковых аккумулятора ААА емкостью около 2000 мА/ч.

Катушки были намотаны эмалированным медным проводом 0,3 мм.

Волновое сопротивление составило 50 Ом.

В качестве генерирующего устройства использовался блок магнитотерапевтического аппарата УниСпок-Д.

Потребляемый ток  $I = 70$  мА.

Индукция  $H = 0,5 - 0,7$  мТл.

Длительность работы составила 6 ч.

Магнитопроводящее покрытие было сделано из пленки аморфного металла (метагласа). Для сравнения, при покрытии каркаса метагласом, потребляемый ток уменьшился в 2 раза, а индукция увеличилась в 12 раз.

В качестве дальнейшего развития функциональных возможностей и комбинированного воздействия конструкция может быть дополнена еще двумя ортогональными парами противоположных катушек, смещенных относительно оси первых двух пар на угол в пределах от 30 до 60°. Наиболее оптимально, на 45°. В таких случаях можно осуществлять 2 независимых вида воздействия на опухоль и окружающие ткани.

Таким образом, заявляемая система и индуктор имеют новые признаки, которые в совокупности дают новый технический результат, т.е. являются новыми и неочевидными для специалиста в данной области.

Система и индуктор могут быть промышленно изготовлены из приемлемых материалов и комплектующих, т.е. промышленно применимы.

#### **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ**

1. Система для воздействия на опухоль, включающая индукторную часть с множеством электромагнитных катушек, расположенных на поверхности части тела и охватывающих область опухоли, и подключенных к средствам генерирования токов для возбуждения в катушках магнитных полей, индуцирующих терапевтическое магнитное поле (ТМП) в области опухоли, отличающаяся тем, что с внешней стороны катушки связаны магнитопроводами, а генератор выполнен в виде импульсного генератора с частотой следования импульсов 2,5-1000 Гц, частотой в импульсе 0,2-500 кГц, возбуждающих магнитное поле с индукцией 0,1-100 мТл.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что магнитопроводы выполнены в виде магнитопроводящего слоя.

3. Система по п.1, отличающаяся тем, что магнитопроводящий слой выполнен из ферромагнитного композита.

4. Система по п.1, отличающаяся тем, что магнитопроводы выполнены из метагласа.

5. Система по п.1, отличающаяся тем, что генератор выполнен в виде импульсного генератора с ча-

стойкой следования импульсов 2,5 -1000 Гц и частотой в импульсе 0,2-500 кГц.

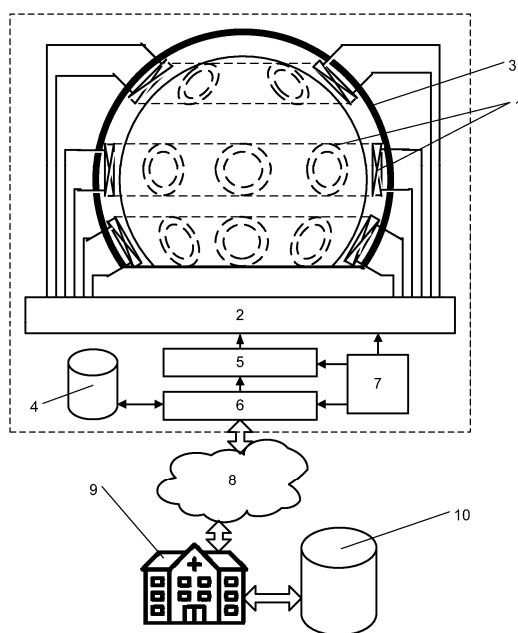
6. Система по п.1, отличающаяся тем, что средства генерации дополнительно включают носитель с записанными параметрами импульсов, эффективными для определенных видов опухолей, соединенный через устройство управления (процессор) с программируемым формирователем импульсов (ЦАП), выход которого подключен к коммутатору электромагнитных катушек.

7. Система по п.1, отличающаяся тем, что генератор связан с электромагнитными катушками через программируемый коммутатор.

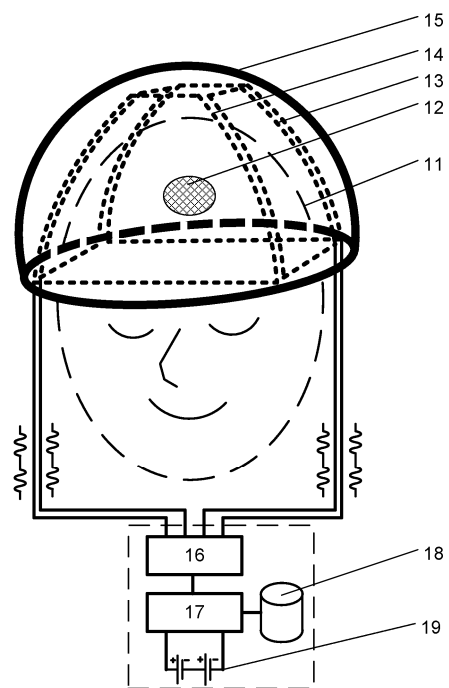
8. Индукторная часть для системы по п.1, включающая, по меньшей мере, две ортогональные пары противоположных катушек, выполненных с возможностью охватывания части тела, содержащей опухоль, причем катушки попарно соединены последовательно и выполнены с возможностью подключения к генератору и расположены на поверхности части тела и охватывания области опухоли, отличающаяся тем, что она содержит магнитопроводящий слой, охватывающий катушки с внешней стороны.

9. Индукторная часть по п.8, отличающаяся тем, что катушки и внешний магнитопроводящий слой охватывают голову человека, содержащую опухоль мозга, и размещены в головном уборе.

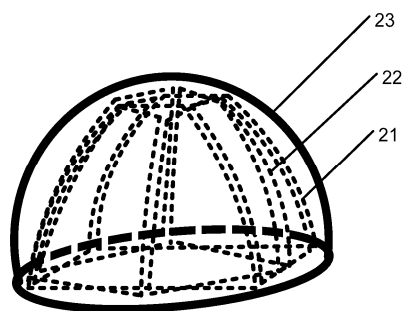
10. Индукторная часть по п.8, отличающаяся тем, что дополнительно включает еще две ортогональные пары противоположных катушек, смещенных относительно оси первых двух пар на угол в пределах от 30 до 60° и имеют с внешней стороны общий для всех катушек магнитопроводящий слой.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3