



(51) МПК
A61N 5/10 (2006.01)
G21G 4/00 (2006.01)
G21G 1/00 (2006.01)
H05H 13/04 (2006.01)
H05H 7/08 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011109687/14, 16.03.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 16.03.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.03.2011

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2012 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 27.08.2013 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 81078 U1, 10.03.2009. R Orecchia, P Fossati «The national center for oncological hadron therapy: status of the project and future clinical use of the facility», Tumori, 95: 169-176, 2009, [http://www.tumonline.it/allegati/00422_2009_02/fulltext/07-Orecchia%20\(169-176\).pdf](http://www.tumonline.it/allegati/00422_2009_02/fulltext/07-Orecchia%20(169-176).pdf) реферат, с.170, прав. кол., 2-й абзац, табл.4, фиг.2. WO (см. прод.)'

Адрес для переписки:

141018, Московская обл., г.Мытищи, Ново-Мытищинский пр-кт, 39, корп.4, Сударевой К.Д. (для В.Д. Белокрылова)

(72) Автор(ы):

**Белокрылов Валерий Денисович (RU),
 Гладиллина Ирина Анатольевна (RU),
 Давыдов Михаил Иванович (RU),
 Дедов Иван Иванович (RU),
 Калинин Борис Геннадьевич (RU),
 Коваленко Александр Дмитриевич (RU),
 Ткачев Сергей Иванович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество "Головной центр сервисного обслуживания и ремонта Концерна ПВО "Алмаз-Антей" "Гранит" (RU)

(54) СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ ОБЛУЧЕНИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПУЧКОМ АДРОНОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицинской технике и может быть использовано при выполнении лучевой терапии злокачественных опухолей поджелудочной железы пучками адронов. Способ включает проведение предлучевой подготовки, заключающейся в фиксации больного, определении топометрических параметров злокачественных опухолей, разработке плана конформного облучения. Проведение сеанса конформного облучения проводят с контролем получаемой злокачественной опухолью дозы, допустимых значений параметров источника облучения, радиационного фона, температуры различных участков источника облучения и

магнитооптических цепей доставки пучка к злокачественной опухоли. Во время предлучевой подготовки и при проведении сеанса конформного облучения больного фиксируют в идентичном отъюстированном положении, определяют топометрические параметры злокачественных опухолей и доставляют пучок адронов к злокачественной опухоли больного в идентичный момент паузы между вдохом и выдохом больного при отсутствии пика пульсовой волны сердечных сокращений при неизменных размерах грудной клетки. Использование изобретения позволяет более точно облучать злокачественные опухоли поджелудочной железы в процессе дыхания больных, не травмируя здоровые

ткани поджелудочной железы и близлежащие ткани и органы. 2 ил.

(5б) (продолжение):

2010101489 A1, 10.09.2010. US 2007018120 A1, 25.01.2007. US 2008234531 A1, 25.09.2088. K. NODA et al "Performance of a respiration-gated beam control system for patient treatment", PROCEEDINGS EPAC 96, 10.06.1996, p.2656-2658. www.cern.ch/accelconf/e96/PAPERS

THPG/THP111G.PDF. Christopher Nelson et al "Respiration-correlated treatment delivery using feedback-guided breath hold: A technical study Med. Phys. 32, 175 (2004). Комплекс протонной терапии против рака, Наука и Технологии России, 28 сентября 2007, www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=223&d_no=13271.

R U 2 4 9 1 1 0 7 C 2

R U 2 4 9 1 1 0 7 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
A61N 5/10 (2006.01)
G21G 4/00 (2006.01)
G21G 1/00 (2006.01)
H05H 13/04 (2006.01)
H05H 7/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2011109687/14, 16.03.2011**

(24) Effective date for property rights:
16.03.2011

Priority:

(22) Date of filing: **16.03.2011**

(43) Application published: **27.09.2012 Bull. 27**

(45) Date of publication: **27.08.2013 Bull. 24**

Mail address:

141018, Moskovskaja obl., g.Mytishchi, Novo-Mytishchinskij pr-kt, 39, korp.4, Sudarevoj K.D. (dlja V.D. Belokrylova)

(72) Inventor(s):

**Belokrylov Valerij Denisovich (RU),
Gladilina Irina Anatol'evna (RU),
Davydov Mikhail Ivanovich (RU),
Dedov Ivan Ivanovich (RU),
Kalinichev Boris Gennad'evich (RU),
Kovalenko Aleksandr Dmitrievich (RU),
Tkachev Sergej Ivanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Golovnoj tsentr servisnogo obsluzhivanija i remonta Kontserna PVO "Almaz-Antej" "Granit" (RU)

(54) METHOD FOR PANCREATIC MALIGNANCY EXPOSURE TO HADRON BEAM

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention refers to medical equipment, and may be used in hadron radiation therapy of malignant tumours. The method comprises performing the pre-radiation preparation that is patient's body fixation, determination of the malignancy topographometry, development of a conformal irradiation schedule. A conformal irradiation session involves controlling a dose taken by a malignancy, admissible values of the radiation source, radioactivity, temperature of various segments of the radiation source and magneto-optic chains of beam delivery to the malignant tumour.

During the pre-radiation preparation and conformal irradiation session, the patient is fixed in an identical adjusted position, the topographometry of the malignant tumours are evaluated, and a hadron beam is delivered to the patient' malignant tumour during an identical respiratory pause in the absence of a cardiac beat pulse wave peak with a constant size of a thorax.

EFFECT: use of the invention allows more precise irradiation of the pancreatic malignancies during respiration not injuring the healthy pancreatic tissues, as well as adjacent tissues and organs.

2 dwg

Изобретение используется в медицинской технике и при выполнении лучевой терапии злокачественных опухолей (ЗО) пучками адронов, конкретно к лечению онкологических заболеваний медицинскими пучками протонов и ионов.

5 Известны способы и устройства протонной лучевой терапии (например, способ и система применения радиационной терапии - патент США №7295649, 61N 5/10, приоритет от 13.10.2005, публикация в журнале «Медицинская физика» №3, №4 «Развитие протонной лучевой терапии (ПЛТ) в мире и в России» авторов Г.И. Кленова и В.С. Хорошкова и др.). Однако, несмотря на высокий уровень, достигнутый 10 в результате многолетних работ ученых всего мира, известные способы и устройства ПЛТ не отвечают современным требованиям к лучевой терапии радиорезистентных ЗО и по точности попадания пучка на клиническую мишень (облучаемую ЗО) во время процессов дыхания и прохождения пульсовой волны сердечных сокращений (СС) больного. Особенно это критично для больных с ЗО поджелудочной железы 15 (важного органа, вырабатывающего жизненно необходимые инсулин и трипсин), когда при дыхании пучок может попасть на здоровые ткани как поджелудочной железы, так и окружающих органов.

Наиболее близким способом и устройством облучения ЗО, являющимися 20 прототипом, являются способ и устройство, приведенные в описании полезной модели RU №81078 «Система протонно-ионной терапии онкологических заболеваний», А61N 5/10, приоритет от 06.10.2008. Устройство по указанной модели позволяет эффективно проводить лучевую терапию радиорезистентных ЗО, а также имеет резко (на порядок) меньшие резистивные потери энергии в сверхпроводящих 25 обмотках ускоряющих, транспортирующих и отклоняющих магнитов системы. Однако, способ и устройство прототипа обладают недостаточной точностью попадания пучка адронов на клиническую мишень, например, ЗО поджелудочной железы в процессе дыхания и прохождения пульсовой волны СС больного. При этом 30 возможно попадание пучка адронов на здоровые ткани поджелудочной железы и близлежащие ткани и органы, критичные к адронному излучению.

Целью настоящего изобретения является увеличение точности попадания пучка адронов на ЗО поджелудочной железы в процессе дыхания и прохождения пульсовой волны СС больного и, соответственно, уменьшение вероятности повреждения 35 адронным излучением здоровых тканей поджелудочной железы и близлежащих тканей и органов.

Поставленная цель достигается предлагаемым способом и соответствующим вариантом устройства. При этом в заявляемом способе проведения облучения ЗО 40 поджелудочной железы пучком адронов, включающем проведение предлучевой подготовки, заключающейся в фиксации больного, определении топометрических параметров ЗО, разработке плана конформного облучения, учитывая топометрические параметры ЗО, близко лежащие ткани и органы, критичные к облучению; проведение сеанса конформного облучения с контролем получаемой ЗО 45 дозы, допустимых значений параметров источника облучения, радиационного фона, температуры различных участков источника облучения и магнитооптических цепей доставки пучка к ЗО, в отличие от аналогов и прототипа во время предлучевой подготовки и при проведении сеанса конформного облучения больного фиксируют в 50 идентичном отъюстированном положении, определяют топометрические параметры ЗО и доставляют пучок адронов к ЗО больного в виде импульса разрешения подачи пучка на злокачественную опухоль поджелудочной железы в идентичный момент паузы между вдохом и выдохом больного при отсутствии пика пульсовой волны СС,

при неизменных размерах грудной клетки.

Для осуществления предлагаемого способа вариант устройства для проведения облучения ЗО поджелудочной железы пучком адронов - медицинский протонно-ионный комплекс, содержит генератор заряженных частиц, соединенный через
5 многоканальное устройство магнитной транспортировки излучения с многоканальным устройством лучевой терапии, снабженным излучающими головками, криогенную станцию для охлаждения парогазовой смесью гелия обмоток магнитов генератора заряженных частиц, блок холодильных газовых машин для
10 охлаждения газом гелия обмоток магнитов многоканальных устройств транспортировки излучения и лучевой терапии, аппаратуру контроля и аварийной сигнализации, а также подсистему цифровых средств управления, соединенную по информационным входам и управляющим выходам с соответствующими элементами
15 комплекса, причем генератор заряженных частиц снабжен ускоряющими и отклоняющими магнитами, многоканальное устройство магнитной транспортировки излучения - транспортирующими и отклоняющими магнитами, а излучающие головки многоканального устройства лучевой терапии - сканирующими и фокусирующими магнитами, при этом обмотки всех магнитов выполнены сверхпроводящими и
20 снабжены каналами охлаждения, соединенными по парогазовой смеси агента охлаждения с криогенной станцией, а по газовому агенту охлаждения - с холодильными газовыми машинами, установленными в непосредственной близости у соответствующих магнитов, он также дополнительно содержит средства физиологической обратной связи, включающие средства, определяющие временные
25 параметры дыхания и пульсовой волны СС больного в режиме реального времени, расположенные на теле больного, информационными выходами соединенные с информационными входами подсистемы цифровых средств управления.

Сущность заявляемого изобретения поясняется чертежами, на которых изображено:

30 на фиг.1 - вариант устройства для осуществления заявленного способа - медицинский протонно-ионный комплекс;

на фиг.2 - временная диаграмма параметров дыхания (а), пульсовой волны СС больного (б), импульсы машинных тактов (в), где выделен выбранный программируемый тактовый импульс, импульса разрешения подачи пучка на ЗО (г).

35 37 - фаза вдоха, в которой холодный воздух поступает из среды больному; размеры грудной клетки больного увеличиваются от минимального значения до максимального значения.

40 38 - фаза паузы между вдохом и выдохом, в которой движения воздуха не происходит; грудная клетка находится в статичном положении и имеет максимальные размеры. Заштрихованная часть зоны 38 является участком «покоя» ЗО.

39 - фаза выдоха, в которой горячий воздух поступает от больного в среду; размеры грудной клетки больного уменьшаются от максимального значения до минимального значения.

45 Медицинский протонно-ионный комплекс - содержит генератор 1 заряженных частиц, многоканальное устройство 2 магнитной транспортировки излучения и многоканальное устройство 3 лучевой терапии, соединенные по охлаждающему агенту с системой 4 охлаждения, подсистему 5 цифровых средств управления, аппаратуру 6 контроля и аварийной сигнализации, средства физиологической
50 обратной связи, включающие средства, определяющие временные параметры дыхания (датчик дыхания 26) и пульсовой волны СС больного(датчик 27) в режиме реального времени. Датчики дыхания 26 и пульсовой волны 27, расположенные на

теле больного, информационными выходами соединены с информационными входами подсистемы 5 цифровых средств управления, управляющий выход которой подключен к входу разрешения подачи пучка генератора 1 заряженных частиц. Многоканальное устройство 3 лучевой терапии содержит не менее четырех аппаратов 11 лучевой

5 терапии, оканчивающихся излучающими головками 24. Система охлаждения 4 содержит криогенную станцию 7 для охлаждения парогазовой смесью гелия обмоток магнитов генератора 1 заряженных частиц, блок 8 холодильных газовых машин 9 для охлаждения газом гелия сверхпроводящих

10 обмоток магнитов многоканальных устройств 2 транспортировки излучения и 3 лучевой терапии. Обмотки всех магнитов выполнены сверхпроводящими и снабжены каналами охлаждения, соединенными по парогазовой смеси агента охлаждения с криогенной станцией 7, а по газовому агенту охлаждения - с холодильными газовыми

15 машинами 9, установленными в непосредственной близости у соответствующих магнитов. Криогенная станция 7 выполнена в виде гелиевой установки охлаждения типа КГУ 1600/4.5, снабженной емкостью с жидким гелием, поршневым компрессором типа 1 ВУВ-45/150 и/или винтовым компрессором типа «Каскад-80/25», фильтрами осушки гелия, а также - соединительными коллекторами прямого и обратного потока

20 гелия. Холодильные газовые машины (криокулеры) 9 выполнены в виде теплообменников газа гелия с охлажденным азотом.

Генератор 1 заряженных частиц соединен через многоканальное устройство 2 магнитной транспортировки излучения с многоканальным устройством 3 лучевой

25 терапии, каждый канал которого оканчивается излучающими головками 24. Генератор 1 заряженных частиц содержит последовательно соединенные сменный источник 28 заряженных частиц (протонов или ионов) типа ЛУ-20, кольцевой или линейный ускоритель 29 заряженных частиц, снабженные блоком магнитов со сверхпроводящими обмотками и цифровым управлением. При этом блок магнитов

30 включает ускоряющие дипольные 30 и квадрупольные 31 магниты, установленные равномерно на оси ускорителя 29 с последовательным их чередованием, а также включает выводной 33 отклоняющий магнит. Через выводной магнит 33 ускоритель 29 соединен с многоканальным устройством 2 транспортировки протонно-

35 ионного излучения. Устройство 2 содержит расположенные соосно транспортирующие дипольные и квадрупольные магниты с последовательным их чередованием. Подсистема 5 цифровых средств управления соединена по информационным входам и управляющим выходам с соответствующими элементами комплекса. Генератор 1 заряженных частиц, многоканальные устройства 2 и 3

40 снабжены магнитами со сверхпроводящими обмотками, причем генератор 1 заряженных частиц снабжен ускоряющими и отклоняющими магнитами, многоканальное устройство магнитной транспортировки излучения - транспортирующими и отклоняющими магнитами, а излучающие головки 24

45 аппаратов 11 лучевой терапии каждого канала устройства 3 - сканирующими и отклоняющими магнитами со сверхпроводящими обмотками с гелиевым охлаждением и цифровым управлением. Аппаратура 6 контроля и аварийной сигнализации соединена по локальной информационной сети 10 с подсистемой 5 цифровых средств управления. Подсистема 5 цифровых средств управления содержит центральное

50 многопроцессорное устройство, сервер лечебных данных, сервер файлов больных, сервер данных комплекса, соединенные по локальной информационной сети 10 с подсистемой управления облучением и контроля проводимого сеанса, подсистемой обеспечения гарантии качества облучения и безопасности больных и соединенные с

ними по локальной информационной сети 10 не менее четырех автоматизированных рабочих мест (АРМ) 14, оснащенных персональными компьютерами для онкорadiологов, обследующих онкологических больных и разрабатывающих исходные данные для разработки план конформного облучения с помощью подсистемы 3D планирования облучения, и не менее четырех АРМ 15, оснащенных промышленными компьютерами управления и контроля сеанса облучения. При этом промышленные компьютеры непосредственно размещены у соответствующих аппаратов 11 лучевой терапии устройства 3. Сервер 12 лечебных данных содержит носители информации с планами лечения множества больных, рубрики Международной классификации болезней X пересмотра (МКБ-Х), комплексный классификатор данных о больных злокачественными новообразованиями (ЗН) в системе Государственного ракового регистра со всеми кодификаторами (способов облучения, видов лучевой терапии, методов лучевой терапии и др.). Сервер 46 данных комплекса содержит носители информации о номинальных и пороговых технических параметрах комплекса и его составных частей, в том числе значений токов, напряжений, радиационного фона, температуры, давления и линейного перемещения конструкционных элементов устройств лучевой терапии, конструкторской документации комплекса и его составных частей эксплуатационной документации, медицинском и управленческом документообороте, электронные подсказки для медицинских физиков, обслуживающего персонала по вопросам, возникающим при эксплуатации. Сервер 13 файлов больных содержит базы персональных данных больных, включенных в регистрационные или контрольные карты больных ЗН, а также базы видеоизображений ЗО множества больных (с идентификаторами номера регистрационной карты, сеансов, дат и времени). Кроме того в сервере 13 файлов больных размещены данные о методах и средствах фиксации больного для лучевой терапии, диапазонах, направлениях и скоростях линейных перемещений и углового сканирования устройств 23 позиционирования и фиксации и излучающей головки 24, оптимальные с точки зрения минимизации облучения здоровых тканей.

Подсистема 5 цифровых средств управления, соединена по локальной информационной сети 10 с информационными выходами аппаратуры 6 контроля и аварийной сигнализации, которая содержит пороговые устройства, соединенные с датчиками радиационного фона, датчиками температуры, датчиками линейных и угловых перемещений конструкционных элементов устройств лучевой терапии (на чертежах не показаны). Многоканальное устройство 2 транспортировки излучения содержит расположенные соосно транспортирующие дипольные и квадрупольные магниты со сверхпроводящими обмотками с последовательным чередованием этих магнитов, а также содержит не менее восьми отклоняющих магнитов со сверхпроводящими обмотками для вывода и транспортировки излучения в излучающие головки 24 многоканального устройства 3 лучевой терапии, оснащенные сканирующими и фокусирующими магнитами со сверхпроводящими обмотками.

Многоканальное устройство 3 лучевой терапии содержит не менее четырех аппаратов 11 лучевой терапии с излучающими головками 24, стационарное 23 и/или мобильное 25 устройство позиционирования и фиксации больного, устройство визуализации ЗО, состоящее из позитронно-эмиссионного томографа (ПЭТ) 41 и компьютерного томографа (КТ) 42 с единым форматом представления изображений и возможностью наложения этих изображений друг на друга, а также устройство 50 визуализации пучка заряженных частиц, поступающего с излучающей головки 24 на ЗО. Стационарное устройство 23 позиционирования и фиксации выполнено

совмещенным с аппаратом 11 лучевой терапии типа «гантри» с горизонтальной фиксацией больного, а мобильное - автономным и с возможностью фиксации больного в любом удобном для терапии пространственном положении и возможностью перемещения устройства фиксации вместе с больным между АРМ онкорadiологов. Магнитооптическая подсистема аппарата 11 «гантри» (для магнитной транспортировки излучения), закрепленная на поворотной платформе (для перемещения пучка вокруг лежащего больного) образуют крупногабаритное инженерное сооружение. Мобильное устройство 25 позиционирования и фиксации может быть выполнено в виде кресла, снабженного приводом с тремя степенями свободы и установленного на мобильной платформе с колесами, причем кресло снабжено прижимными и растяжными механическими упорами для жесткой фиксации облучаемой части тела больного относительно кресла, а привод выполнен с цифровым управлением и с возможностью качания кресла относительно направления пучка протонно-ионного излучения.

Сверхпроводящие обмотки всех магнитов устройств 1, 2, 3 выполнены из сверхпроводящего кабеля, содержащего мельхиоровую трубку круглого или прямоугольного сечения для канализации охлаждающего агента: парогазовой смеси для охлаждения обмоток магнитов генератора 1 заряженных частиц или - канализации охлажденного газа гелия для охлаждения обмоток магнитов устройств 2 и 3. С внешней стороны трубки и вдоль нее проложены токопроводы преимущественно из золота, серебра или меди. С внешней стороны токопроводов установлено противоиzolмное покрытие из накрученной на токопроводы нихромовой проволоки, с внешней стороны которой последовательно накручены теплоизоляционная каптоновая лента и изоляционная лента из стекловолокна. Каналы трубок охлаждения сверхпроводящих обмоток магнитов генератора 1 парогазовой смесью гелия соединены с криогенной станцией 7, а каналы трубок охлаждения магнитов устройств 2 и 3 - с соответствующими машинами 9 охлаждения газа гелия, установленными непосредственно у соответствующих магнитов. Средства физиологической обратной связи, определяющие временные параметры дыхания больного (датчик дыхания 26) и средства, определяющие временные параметры пульсовой волны СС больного (датчик пульса 27), информационными выходами соединены с информационными входами подсистемы 5 цифровых средств управления, управляющий выход которой соединен с входом разрешения подачи пучка генератора 1 заряженных частиц (в данном случае - протонов и ионов углерода ^{12}C). Средства физиологической обратной связи, включающие датчик дыхания 26 и датчик пульса 27, размещаются на теле больного. Датчик 26 дыхания может быть выполнен термочувствительным (реагирующим на холодный воздух при вдохе и на горячий воздух при выдохе) или оптоэлектронным (реагирующим на изменение размеров грудной клетки при дыхании). В качестве датчика 26 дыхания может быть также использован датчик дыхания из комплекта профессионального компьютерного полиграфа «ПИК-01А» или аналогичный. Информационные выходы датчика 26 дыхания подключены к соответствующим информационным входам подсистемы 5 цифровых средств управления. Датчик 27 пульса может быть выполнен на основе оптопары. В зависимости от степени наполнения пальца больного кровью изменяется интенсивность излучения с инфракрасного светодиода, проходящего через палец, попадающего на фотодиод с другой стороны пальца. В качестве датчика пульса может быть также использован датчик пульса из комплекта специального профессионального аппарата РИКТА-05(5) магнито-лазерной терапии или

аналогичный. Стационарное устройство 23 позиционирования и фиксации выполнено совмещенным с аппаратом 11 лучевой терапии, например, типа «гантри».

Генератор 1 заряженных частиц содержит последовательно соединенные сменный источник заряженных частиц типа ЛУ-20, а также кольцевой или линейный ускоритель 29 протонов и ионов, снабженный блоком магнитов со сверхпроводящими обмотками и цифровым управлением.

Через вводной магнит ускоритель 29 соединен с выходом источника 28 заряженных частиц, а через выводной магнит 33 - с многоканальным устройством 2 транспортировки протонно-ионного излучения. Аппарат 11 лучевой терапии типа «гантри», представляющий серьезное инженерное сооружение, включает в себя поворотную установку, несущую один канал транспортировки протонно-ионного излучения (поступающего от устройства 2), оканчивающийся излучающей головкой 24). Аппарат 11 обеспечивает вращение адронного пучка вокруг больного по заданной программе в соответствии с планом облучения. Устройство визуализации ЗО содержит позитронно-эмиссионный томограф (ПЭТ) 41 и компьютерный томограф (КТ) 42 с единым форматом представления изображений и возможностью наложения изображений друг на друга. Устройство 50 визуализации пучка адронного излучения выполнено в виде ПЭТ. Подсистема обеспечения гарантии качества облучения и безопасности пациента включает в себя датчики радиационного фона, дозиметрические, мониторные ионизационные камеры, температурные и т.п.), АРМ 45 дозиметриста, АРМ 43 медицинского физика и АРМ 44 пациента.

АРМ 43 медицинского физика включает в себя инструменты и протоколы для быстрого и надежного контроля качества работы оборудования и планов облучения. Медицинский физик может отслеживать исправность генератора 1 и его составных частей и проверять обеспечивает ли заданный план конформного облучения точное подведение к ЗО запланированной дозы. Это позволяет обеспечить оптимальное лечение каждого пациента на протяжении всего курса адронной терапии.

АРМ 45 дозиметриста обеспечивает функции расчета и оптимизацию дозы облучения и контроль дозы, полученной пациентом во всех сечениях ЗО и близлежащих структурах в реальном режиме времени.

АРМ 14 онкорадиолога обеспечивает легкую навигацию и удобный интуитивно понятный доступ ко всей информации как в режиме предлучевой подготовки, так и во время сеанса облучения. В распоряжении онкорадиолога имеются все данные и инструменты, необходимые для оконтуривания клинической мишени (ЗО) и органов риска и других критических структур, а также визуализации ЗО и просмотра истории предшествующего лечения. АРМ 14 онкорадиолога позволяет обеспечить оптимальную организацию работы онкорадиолога для того, чтобы уделять больше внимания пациенту. АРМ 14 онкорадиолога входит в состав подсистемы управления облучением и обеспечивает оперативное вмешательство в процесс управления сеансом.

АРМ 44 пациента позволяет вносить и редактировать идентификационные данные пациентов, другую персональную информацию из регистрационных и контрольных карт, обеспечивает хранение видеоизображений ЗО каждого пациента в привязке к номеру, например, полиса, к датам и времени. АРМ 44 пациента располагается в приемном отделении комплекса. Возможен прием информации об иногородних и иностранных пациентах с глобальной информационной сети. С использованием специальных паролей исключается несанкционированный доступ к базе данных АРМ пациента.

Все АРМ включены в локальную информационную сеть 10 комплекса с

двунаправленным обменом информацией с подсистемой 5 цифровых средств управления.

Медицинский протонно-ионный комплекс работает в двух режимах:

а) режим предлучевой подготовки;

б) основной терапевтический режим с проведением сеанса облучения.

В режиме предлучевой подготовки онкорadiолог запрашивает из сервера 13 файлов больных через центральное многопроцессорное устройство подсистемы 5 данные из контрольной карты больного (порядковый номер данной опухоли у данного больного, топография опухоли по кодификатору №1, морфологический тип опухоли по кодификатору №2, стадия опухолевого процесса по системе TNM, гистологические формы (рак, первичные опухоли, опухоли с метастазами) способ облучения - по кодификатору №8.1, вид лучевой терапии - по кодификатору №8.2, метод лучевой терапии - по кодификатору №8.3.

Далее в режиме предлучевой подготовки больного, оснащенного датчиком дыхания и датчиком СС, размещают лежа в стационарном устройстве 23 позиционирования и фиксации, которое выполнено совмещенным с аппаратом лучевой терапии типа «гантри» 11, юстируют с помощью лазерных, рентгеновских центраторов и запоминают в АРМ онкорadiолога 14 и сервере 13 файлов больных трехмерные координаты положения больного, причем в том же положении с такими же координатами, в котором будут проводить сеанс облучения.

Подсистема 5 цифровых средств управления в момент паузы между вдохом и выдохом больного при отсутствии пика пульсовой волны СС, синхронизированный с программируемым машинным тактом (фиг.2, г), вырабатывает импульс, по которому информация с многосрезовых ПЭТ/КТ 41/42 (совмещенных по формату изображений) заносится в АРМ онкорadiолога 14 и сервер 13 файлов больных в виде трехмерных топометрических параметров 30 поджелудочной железы данного больного (поперечные размеры и глубины, например, на 32 срезах). При этом указанные параметры 30 фиксируются и запоминаются в той же системе координат, что и координаты фиксации положения больного. Онкорadiолог с помощью АРМ 14 с учетом расположения и координат 30, близлежащих критических к облучению структур, определяет параметры дозного поля, время экспозиции для данного сеанса для данного больного, предписанную дозу и составляет исходные данные для разработки плана конформного облучения с помощью 3D подсистемы 3D планирования облучения. Трехмерная подсистема 3D планирования облучения представляет собой программную среду, аналогичную, например, программной среде «Фокус М» фирмы Мицубиси. С помощью трехмерной подсистемы 3D планирования облучения получают информацию, задающую параметры облучения: направление, поперечные размеры и энергию пучка адронов (различную для различных глубин 30), количество направлений, количество сеансов, продолжительность сеансов, предписанную дозу для каждого сеанса. Выходная информация трехмерной подсистемы 3D планирования облучения используется для управления процессом облучения и по локальной информационной сети 10 заносится в сервер 12 данных лечебных процедур, центральное многопроцессорное устройство подсистемы 5 и АРМ 44. Выходная информация подсистемы 3D планирования облучения может потребоваться также для изготовления индивидуальных средств формирования дозного поля (фигурные коллиматоры и болусы. Для их изготовления может использоваться специальная мастерская, оснащенная станками с числовым программным управлением (ЧПУ). С помощью подсистема 3D планирования

облучения может обеспечиваться также симуляция автоматического совмещения выходного пучка излучающей головки 24 с изоцентром 30.

5 В режиме проведения сеанса облучения больной размещается лежа в стационарном устройстве 23 позиционирования и фиксации, которое выполнено совмещенным с
аппаратом 11 лучевой терапии типа «гантри», в идентичном положении, юстируемом
до тех же трехмерных координат положения больного и 30, что и в режиме
предлучевой подготовки, запоминаются в АРМ 14 онкорадиолога и сервере 13 файлов
больных трехмерные координаты положения больного и трехмерные координаты 30
10 в той же системе координат. Подсистема 5 цифровых средств управления, получив
трехмерные параметры пучка и трехмерные параметры 30, совмещает их в единой
системе координат, так чтобы во время облучения 30 направление пучка было
совмещено с изоцентром 30 поджелудочной железы больного. Далее соединяется
15 подсистемой 5 цифровых средств управления цифровой вход привода устройства 23
позиционирования и фиксации с АРМ 14 онкорадиолога. Затем к АРМ 14
онкорадиолога подключаются устройства 41, 42 визуализации 30. Полученное на
мониторе изображение 30 и место ее расположения изучается на мониторе АРМ 14
онкорадиолога, проверяется имитация облучения 30 без включения излучающей
20 головки 24 с последовательным указанием на мониторе точек 30 и направлений ее
облучения. При этом автоматически по командам АРМ онкорадиолога 14 вращается
аппарат 11 «гантри». С монитора АРМ онкорадиолога 14 наблюдается правильность
отработки аппаратом 11 заданных целеуказаний. Аналогичным образом без
включения излучающей головки 24 на полную мощность для каждой точки 30
25 имитируют программу фокусирования, изменения углового направления и скорости
сканирования пучка. Убедившись в правильности отработки тестов, дают команду
начала сеанса облучения. Сеанс проводится под управлением подсистемы 5 цифровых
средств управления по программе, разработанной подсистемой 3D планирования
30 облучения. Во время сеанса с датчика дыхания 26 и с датчика 27 пульсовой волны СС
больного на подсистему 5 цифровых средств управления поступают сигналы,
определяющие временные параметры дыхания и СС. В момент паузы между вдохом и
выдохом больного при отсутствии пика пульсовой волны СС, синхронизированный с
35 программируемым идентичным (что и в режиме предлучевой подготовки) машинным
тактом (фиг.2, г), по управляющему сигналу с подсистемы 5 цифровых средств
управления пучок доставляется на 30 поджелудочной железы с излучающей
головки 24. (При отработке программ комплекса выбор номера машинного такта
производится с учетом технологических временных задержек в трактах комплекса. В
40 предлучевой подготовке трехмерные топометрические параметры 30 поджелудочной
железы больного, находящегося в стационарном идентично отюстированном
положении, определяются в идентичный момент времени). В этот пренебрежимо
малый (по сравнению с периодом дыхания (единицы секунд) и пульсовой волны СС
больного (около одной секунды) момент времени (доли микросекунды) можно
45 считать, что клиническая мишень (30 поджелудочной железы) неподвижна. Каждые
последующие по плану облучения подачи пучка адронов на 30 поджелудочной
железы проводятся аналогично.

Подсистема 5 цифровых средств управления через центральное многопроцессорное
50 устройство совместно с АРМ 14 и АРМ 45 контролирует процесс облучения путем
сравнения текущих параметров пучка облучения с фактическим распределением
полученной 30 дозы и с допустимыми значениями. В случае рассогласования
направление и параметры пучка уточняются. Одновременно центральное

многопроцессорное устройство подсистемы 5 через аппаратуру 6 контроля и аварийной сигнализации, а также АРМ 45 дозиметриста подсистемы обеспечения гарантии качества облучения и безопасности больных опрашивает датчики, определяющие количество, плотность и скорость расхода двухфазного криоагента, 5 давление жидкого гелия (более чем в 600 точек), датчики технических параметров генератора 1 заряженных частиц, устройств 2 транспортировки излучения и аппарата 11 лучевой терапии (датчики положения и интенсивности пучка, датчики токов в магнитах, датчики температуры), датчики измерения линейного перемещения 10 конструкционных элементов аппарата 11 лучевой терапии, датчики радиационного фона. При этом сравниваются полученные данные с предельно допустимыми значениями параметров и в случае выхода за пределы, опасные для жизни больного и медперсонала, а также в случае предаварийной ситуации на оборудовании комплекса выдается команда на автоматическое безаварийное отключение комплекса.

15 Процесс проведения сеанса облучения постоянно контролируется через АРМ 43 медицинского физика, АРМ 45 дозиметриста, АРМ 14 онкорадиолога соответствующими специалистами. С вынесенных мониторов АРМ 15 процесс проведения сеанса облучения постоянно контролируется техническим 20 обслуживающим персоналом (инженерами по ускорительной технике, криогенике, электрике, механике, по информационным технологиям и ВТ). После выполнения плана облучения и завершения сеанса облучения автоматически составляется протокол с параметрами проведенного сеанса и видеоизображением ЗО пациента по 25 состоянию на дату и время окончания сеанса.

Использование современных технологий сверхпроводимости и криогеники 25 позволяет уменьшить омическое сопротивление обмоток магнитов практически до нуля и, тем самым, снизить резистивные потери энергии в магнитах, решить проблему тепловых перегрузок и повысить надежность медицинского протонно-ионного 30 комплекса в целом. Кроме того, при этом резко снижаются затраты на дорогостоящие и постоянно растущие в цене сталь, медь и потребляемую электроэнергию. В долгосрочном плане (на 20 лет службы комплекса до модернизации) технико-экономический эффект от снижения этих затрат будет возрастать.

35 Введение средств физиологической обратной связи и подача пучка по предлагаемому способу позволяет направлять пучок адронов на ЗО поджелудочной железы в момент, когда ЗО находится в неподвижном детерминированном состоянии. В результате увеличивается точность попадания пучка адронов на ЗО и не происходит 40 травматизация близлежащих здоровых тканей и органов. При этом надо учесть, что значения энергии частиц в медицинском пучке достигают для протонов - 250 МэВ, для ионов углерода - 450 МэВ/нуклон. Уменьшается время реабилитации пациентов и объемы используемых медикаментозных средств.

45 Таким образом, с использованием предлагаемого способа, реализуемого вариантом устройства для его осуществления повышается точность попадания пучка на ЗО поджелудочной железы и уменьшается вероятность облучения здоровых тканей поджелудочной железы и близлежащих тканей и органов.

Формула изобретения

50 Способ проведения облучения злокачественных опухолей поджелудочной железы пучком адронов, включающий проведение предлучевой подготовки, заключающейся в фиксации больного, определении топометрических параметров злокачественных опухолей, разработке плана конформного облучения, учитывая топометрические

параметры злокачественных опухолей, близко лежащие ткани и органы, критичные к облучению, проведение сеанса конформного облучения с контролем получаемой злокачественной опухолью дозы, допустимых значений параметров источника облучения, радиационного фона, температуры различных участков источника облучения и магнитооптических цепей доставки пучка к злокачественной опухоли, отличающийся тем, что во время предлучевой подготовки и при проведении сеанса конформного облучения больного фиксируют в идентичном отъюстированном положении, определяют топометрические параметры злокачественных опухолей и доставляют пучок адронов к злокачественной опухоли больного в виде импульса разрешения подачи пучка на злокачественную опухоль поджелудочной железы в идентичный момент паузы между вдохом и выдохом больного при отсутствии пика пульсовой волны сердечных сокращений при неизменных размерах грудной клетки.

15

20

25

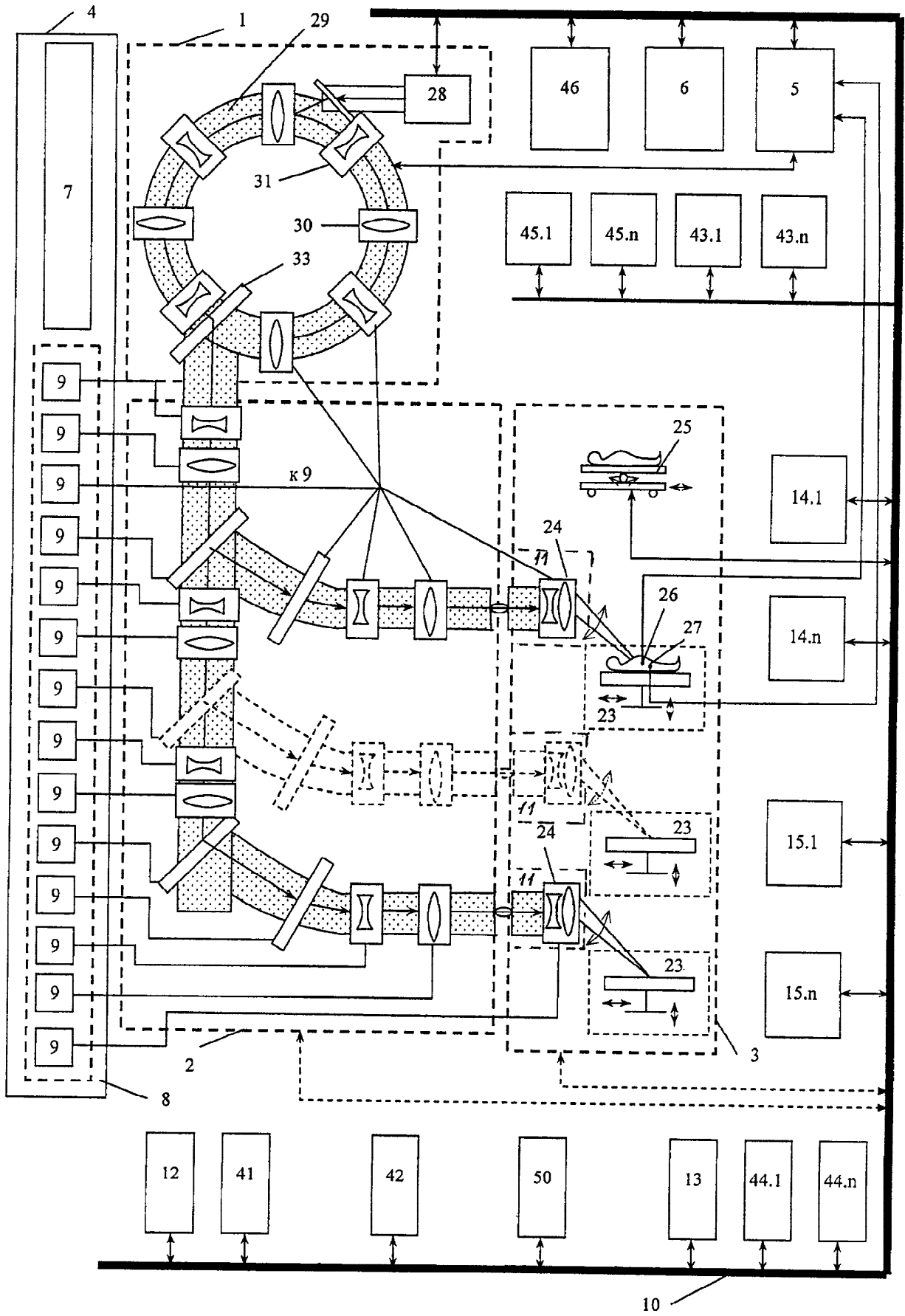
30

35

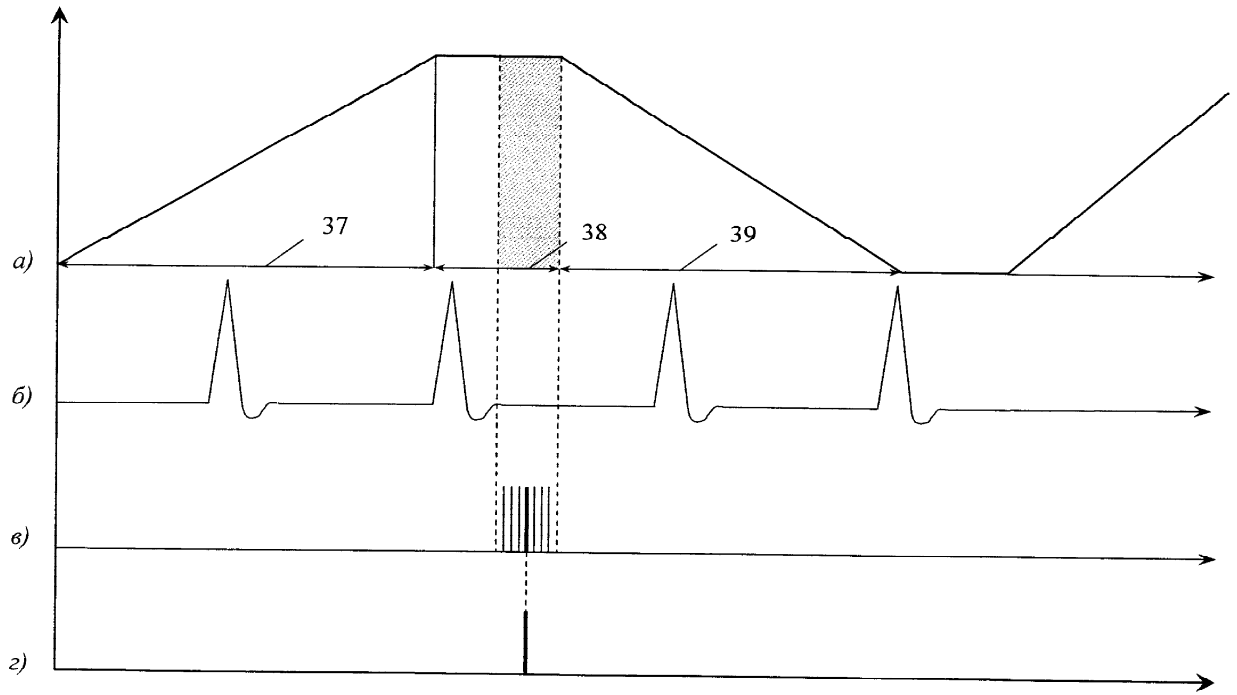
40

45

50



Фиг. 1



Фиг. 2