

Үстіндегі сурет туралы айта келе, енгізу параметрлері жайлы талқылайық. NRV білім қоры кіріс параметрлерін орнатуға арналған веб-қызметті (диалогты) ұсынады, DWBA шеңберіндегі нуклондарды ауыстыру қималарын есептеу үшін. Түймешіктердің жоғарғы қатарында пайдаланушы нақты бөлімдерді таңдай алады, (Reaction, Тиісті өзгерту үшін потенциалдар, шекаралық күйлер немесе эксперименттік деректер) параметрлері 1, 2 кесте түрінде беріледі. Альфа – бөлшекпен алмасу қималары 1 –ші суретте көрсетілген. Реакция бөлімінде пайдаланушы өзара әрекеттесетін ядролардың массалары мен зарядтарын таңдай алады, олардың айналуы мен радиусы (радиус жақындық потенциалын есептеу кезінде қолданылады) үшін де кіру және шығу арналары, сондай-ақ берілетін бөлшек және оның реакция түрі (алу немесе беру).

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Оглоблин А. А. Кластерная модель ядра// Большая Российская энциклопедия, Т.14, №5, 2009, С.239-240.
2. Жеребчевский В.И. Тройной кластерный распад//Вест. Санкт-Петербургский государственный университет. Санкт-Петербург. 2007, С. 16–33.

УДК 539.12.04

### ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ В ЯДЕРНУЮ МЕДИЦИНУ РАДИОХИРУРГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ «ГАММА-НОЖ» В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Сарсенов Руслан Маратович

[Rusykk@gmail.com](mailto:Rusykk@gmail.com)

Магистрант 2-го курса ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Республика Казахстан  
Научный руководитель – Кабышев А. М.

Радиохирургическая установка «Гамма-нож» (Leksell Gamma Knife) широко применяется в ядерной медицине. В установке «Гамма-нож» используют кобальт-60 ( $^{60}\text{Co}$ ), его производят и доставляют из Канады.

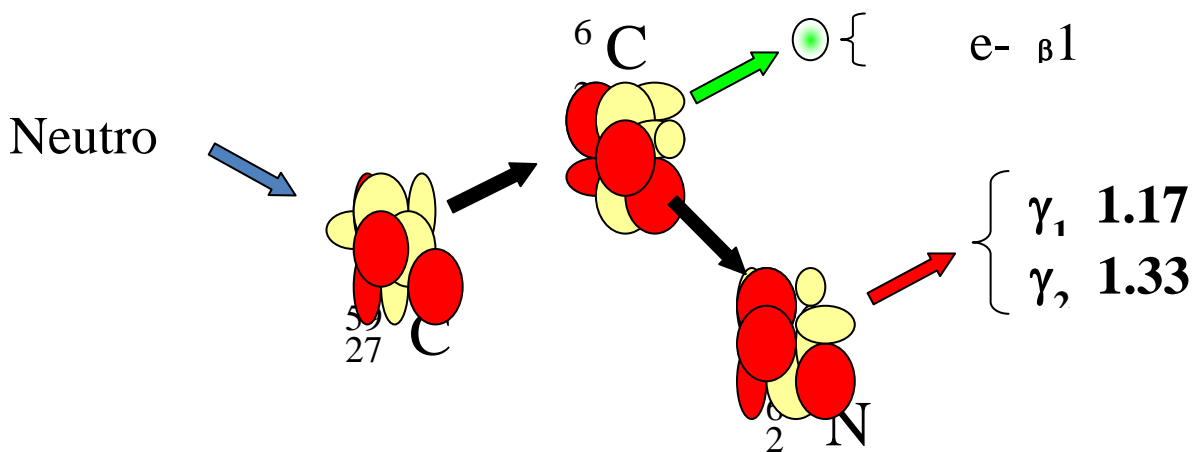
В нашей стране установку «Гамма-нож» запустят в 2020 году в АО «Национальном центре нейрохирургии» (рис. 1), модель данной установки - Leksell Gamma Knife Perfexion. Монтаж завершен, пусконаладочные работы окончены, калибровка проведена.



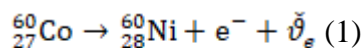
Рис. 1. Установка «Гамма-нож» (снимок был сделан в АО «Национальный центр нейрохирургии»).

Во всем аппарате используется 192 радиоактивных источников. Все источники расположены по окружности к мишени. На момент загрузки кобальта в аппарат, он имеет начальную активность около 30 Ки, общая активность примерно 5760 Ки.

Кобальт-60 получают в ядерном реакторе, в результате бомбардировки нейтронами стабильного изотопа кобальта  $^{59}\text{Co}$ .



Кобальт - 60 также претерпевает бета-распад (период полураспада 5,2713 года), в результате которого образуется стабильный изотоп никеля  ${}^{60}\text{Ni}$ :



Более вероятным является испускание электрона и антинейтрино с общей энергией 0,318 МэВ, 1,491 МэВ или 0,665 МэВ. После испускания нуклид  ${}^{60}\text{Ni}$  находится на одном из трёх энергетических уровней с энергиями 1,332, 2,158 и 2,505 МэВ. Далее он переходит в основное состояние, испуская гамма-кванты (3 уровня дают в комбинации 6 возможных энергий гамма-излучения) или передавая энергию электронам. Более вероятным является каскадное испускание гамма-квантов с энергией 1,1732 МэВ и 1,3325 МэВ. Суммарная энергия распада кобальта-60 составляет 2,823 МэВ. Период полураспада 5,26 лет. Если принимать по два пациента на лечение в день, то можно использовать кобальт - 60 до 6 - 7 лет [1].

После загрузки и монтажа аппарат «Гамма-нож» калибруется, калибровки проводятся на проверку изоцентра, на проверку коллиматоров, текущую активность кобальта. Калибровка позволяет в большинстве случаев избежать лучевого повреждения здоровой мозговой ткани вне видимых границ опухолей головного мозга. Доза облучения достаточно большая для того, чтобы достичь нужного эффекта после первой процедуры. Из-за этого вид лучевого лечения называется радиохирургией. Изоцентр – схождение всех источников излучения в одном центре. В установке имеется корпус из вольфрама с 576 коллиматорами, существует 3 вида коллиматоров 4 мм, 8 мм и 16 мм. По 8 секторов и 24 источника на секторе [2]. Коллиматоры используются во время радиохирургического лечения. Погрешность облучения на гамма-ноже не превышает 0,5 мм. Существует 5 позиций сектора:

- Паркинг, аппарат выключен;
- 4 мм;
- 8 мм;
- 16 мм;
- Сектор заблокирован (во время планирования лечения можно блокировать коллиматоры).

Для калибровки используют специальные фантомы и ионизационная камера РТW 31010 объемом  $0,125 \text{ см}^3$  (рис. 2).

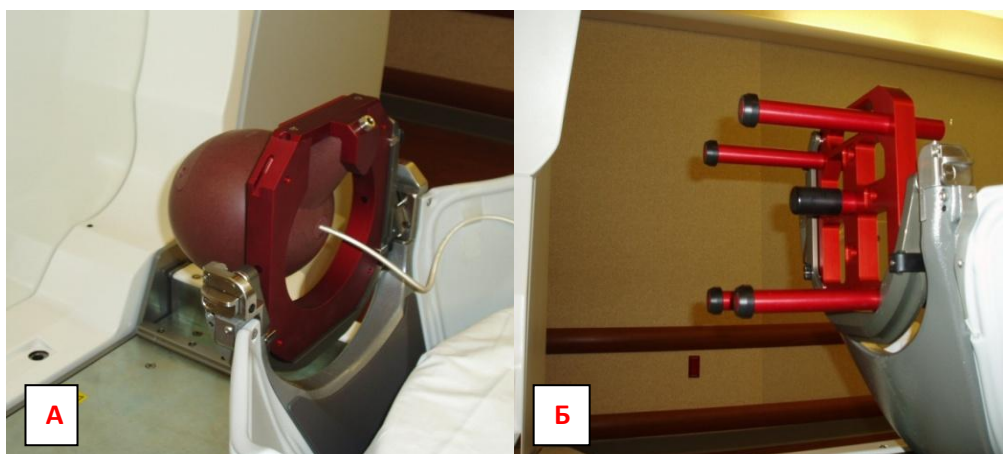


Рис. 2. А) ионизационная камера РТW 31010 и сферический фантом, Б) камера для проверки изоцентра на установке «Гамма-нож» (снимки были сделаны в АО «Национальный центр нейрохирургии»)

Также мы провели измерения универсальным прямо показывающим дозиметром. Измерены мощности дозы спереди установки (5,77 мкЗв/ч) и сзади (14,5 мкЗв/ч) (рис.3). Все измеренные значения не превышают допустимых норм, соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям к обеспечению радиационной безопасности [3].

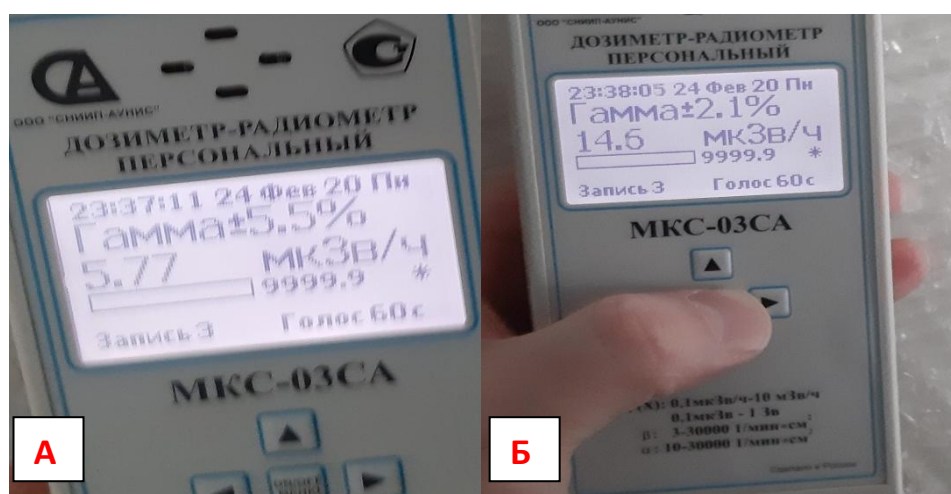


Рис. 3. Прямо показывающие дозиметры: А) точка измерения спереди установки «Гамма-нож», Б) точка измерения сзади установки (снимки были сделаны в АО «Национальный центр нейрохирургии»)

Калибровки бывают ежедневные, еженедельные, ежемесячные и полугодовые. После калибровки можно приступать к облучению опухоли головного мозга. Радиохирургия – метод высокоточного облучения патологического внутричерепного очага, с применением большой дозы радиации (от 20 до 100 Гр в изоцентре за одну процедуру). Установка гамма-нож занимает особое место в ядерной медицине, с помощью этой установки можно лечить пациентов не проводя хирургического вмешательства (онкология, сосудистые мальформации, тригеминальная невралгия). Следует отметить, что установка гамма-нож предназначена для радиохирургии внутричерепных «мишеней» размером не более 3 - 3,5 см [4].

Облучение планируется на специальной платформе, называемой «гамма-план». В первую очередь нужно выделить мишень (опухоль головного мозга), затем выделяются зоны риска, если таковые имеются. Зонами риска могут быть слуховые или зрительные нервы,

если они получают большую лучевую нагрузку, то пациент может лишиться слуха или зрения (таблица 1).

Таблица 1. Толерантный уровень органа риска при радиохирургии

	Максимальная доза, Гр
Мозг	20 (2-3 процедуры)
Ствол	12
Глаз	8
Гипофиз	6-8
Зрительный нерв	6
Хиазма	6

При планировании на гамма-плане необходимо учитывать определенные параметры: Coverage, Selectivity, Gradient Index, Beam-on. Концепция предоставления заданной дозы целевому объему (TV) при одновременном уменьшении дозы, получаемой окружающими здоровыми тканями, может быть выражена в качестве объективной величины, и различные уравнения для этой величины дают индекс соответствия (CI), индекс соответствия Паддика (PCI) и градиентный индекс (GI):

$$CI = PIV/TV \quad (2)$$

где PIV - предписанный объем изодозы.

Паддик предположил, что определение CI, данное в формуле 1, предполагает, что и PIV, и TV имеют один и тот же изоцентр PIV, и TV разные, и поэтому также имеются разные значения, тогда CI можно принять равным 1. Чтобы устранить этот недостаток, Паддик предложил альтернативное значение, известное как PCI, в следующем выражении:

$$PCI = TV_{PIV^2}/(TV * PIV) \quad (3)$$

где  $TV_{PIV}$  обозначает целевой объем, который перекрывается с PIV. С помощью этих определений ложная идеальная оценка CI устраняется.

Индекс градиента (GI) был предложен Паддиком и Липпитсом. Он обеспечивает измерение распространения низкой дозы излучения вне TV на окружающие здоровые ткани. GI рассчитывается по:

$$GI = (PIV_{50\%})/(PIV) \quad (4)$$

где PIV - это объем половины предписанной изодозы.

Поддержание высокого показателя PCI указывает на хорошее соответствие плана лечения, а поддержание низкого значения GI указывает на низкую дозу для окружающей ткани [1].

Команда, состоящая из нейрохирурга, врача-радиолога и медицинских физиков, проходила обучение в следующих организациях:

- в центре «Гамма-нож» НИИ им. Бурденко (2016 год, Москва, Российская Федерация);
- в Na Homolce Hospital (2018 год, Прага, Чешская Республика);
- в Humanitas Research Hospital (2019 год, Милан, Италия).

Как показывает опыт организаций в других странах, радиохирургия с применением установки «Гамма-нож» является современным, высокоэффективным и перспективным методом облучения опухолей головного мозга. Это доказано огромным опытом его применения во многих странах на протяжении нескольких десятков лет.

#### Список использованных источников

1. Liscak R. Gamma Knife Radiosurgery 2013 г., 319 с.
2. Lindquist, C; Paddick, I. The Leksell Gamma Knife Perfexion and comparisons with its predecessors. *Neurosurgery*, 2007, 61.

ӘӨЖ 539.12.04

### ЛЮМИНЕСЦЕНТТІ ӨЛШЕУЛЕР ЖҮРГІЗУ ҮШІН АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ АУМАҒЫНДА ІРІКТЕЛГЕН ЖӘНЕ ЭКСПОНИРЛЕНГЕН ҚҰРАМЫНДА КВАРЦ БАР ҮЛГІЛЕРДІ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ДАЙЫНДАУ ӘДІСТЕМЕСІ

Сарсенова С.М.

[nuclei\\_dsm20@mail.ru](mailto:nuclei_dsm20@mail.ru)

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар халықаралық кафедрасының 2-ші курс докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан  
Ғылыми жетекшілер – Жумадилов К.Ш., Степаненко В.Ф.

Сәулелену дозаларының ретроспективті дозиметриясы бұрын алынған, бірақ тиісті аппаратралық, материалдық немесе әдістемелік мүмкіндіктердің болмауына байланысты радиациялық әсер ету кезеңінде анықталмаған дозаларды бағалауға арналған әдістер кешені болып табылады. Ретроспективті дозиметрия мақсаты үшін дозаның түзілу процестерін математикалық модельдеуге негізделген есептеу әдістері де, жинақталған дозалар туралы ақпарат алу үшін табиғи материалдарды пайдаланатын аспаптық физикалық әдістер де қолданылуы мүмкін [1]. Аспаптық әдістерге иондаушы сәулеленуге ұшыраған, содан кейін жарық әсерімен (ОСЛ) немесе қыздырумен (ТЛ) стимуляцияланған әр түрлі кристалды материалдардың (мысалы, кварц) радиациялық-шартталған люминесценциясының интенсивтілігін өлшеуге негізделген люминесцентті дозиметрия жатады. Сәулеленудің жинақталған дозасын сандық анықтау үлгілері іріктелген немесе экспонирленген орындарда адам мен қоршаған орта үшін ықтимал радиациялық қауіптілікті анықтау және бағалау үшін қажет [2].

[2] жұмыстарында құрамында кварц бар үлгілерді зертханалық дайындау әдістемесі және оларды люминесцентті әдіспен өлшеу толық сипатталған. Бұл әдістеменің өте жақсы зерттелгенін және ретроспективті люминесцентті дозиметрияда ойдағыдай қолданылатынын айтып кеткен жөн, оған көптеген ғылыми жұмыстар арналған.

Құрамында кварц бар үлгілерді экспонирлеу үшін дайындау әдістемесі [3] жұмыста қарастырылды. Үлгілер (өзен құмы) А.Ф. Цыба атындағы МРҒО Медициналық-экологиялық дозиметрия және радиациялық қауіпсіздік зертханасына жеткізілгеннен кейін, оларды зертханалық дайындау, содан кейін люминесцентті өлшеулер жүргізілді. Осы жұмыстың мақсаты Ақмола облысы аумағында экспонирленген, құрамында кварц бар үлгілердің зертханалық дайындалу әдістемесін сипаттау болып табылады.

Үлгілерді зертханалық дайындау процесі бірнеше кезеңнен тұрады. Негізгі мақсаты – люминесцентті өлшеулер жүргізу үшін кварц кристалдарын бөліп алу. Барлық жұмыстар фотозертхана режимінде (қызыл жарықта) жүргізіледі.

Өзен құмының үлгілері (А1, Х2, Х3, Г4, К5 және О6) електері бар ультрадыбыстық шейкерде елеуден өткізілді, үлгілердің фрагментациясы үшін өлшемдері >500 мкм, 250-500 мкм, 150-250 мкм, 106-150 мкм, 75-106 мкм фракциялары пайдаланылды. Жалпы ұзақтығы - 5 мин. Содан кейін одан әрі қарай өңдеу үшін 150-250 мкм фракциялары іріктелді.