

Рисунки до статті

*Б. В. Гринева, А. В. Гектина, А. В. Демина, В. Р. Любинского, С. С. Макеева*  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА  
ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ГАММА-КАМЕРА "ОФЕКТ-3"

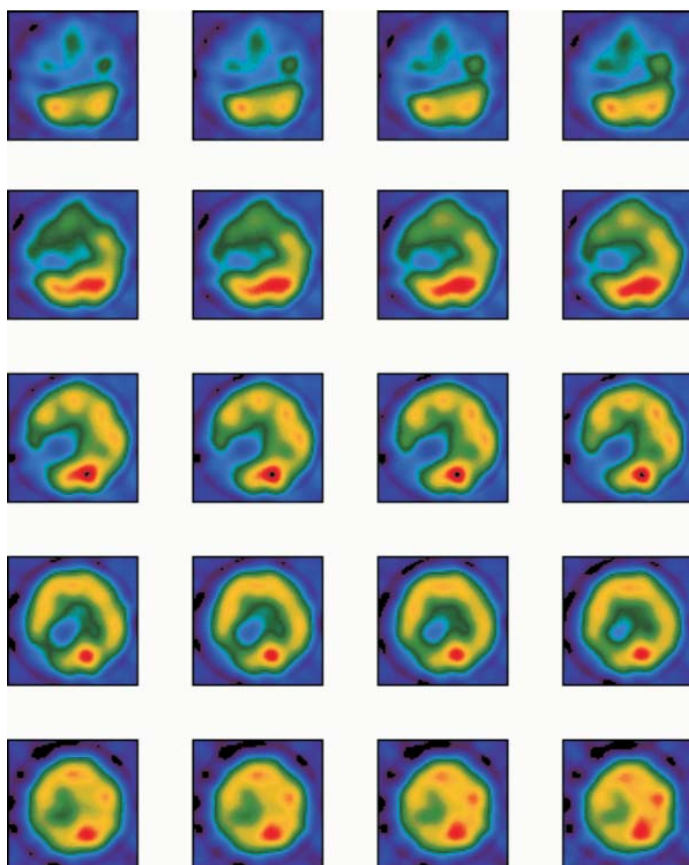


Рис. 2. Серия эмиссионных томограмм пациента с острым нарушением мозгового кровотока по ишемическому типу в левой височной области

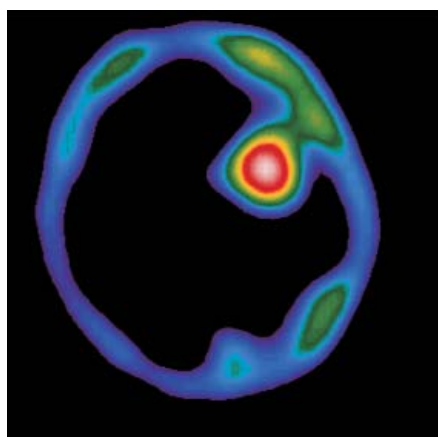


Рис. 3. Эмиссионная томограмма головного мозга. Опухоль правой лобной области

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ГАММА-КАМЕРА "ОФЕКТ-3"

Б. В. Гринев<sup>1</sup>, А. В. Гектин<sup>1</sup>, А. В. Демин<sup>1</sup>, В. Р. Любинский<sup>1</sup>,  
С. С. Макеев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины, Харьков

<sup>2</sup>Институт нейрохирургии им. А. П. Ромоданова АМН Украины, Киев

*Надійшла до редакції 05.04.05*

**Резюме:** В статье описаны основные результаты реализации инновационного проекта по разработке специализированной для диагностики головного мозга медицинской томографической гамма-камеры "ОФЕКТ-3". В условиях роста радионуклидных исследований на 7–14 % в год, рост потребностей в оборудовании может удовлетворяться не за счет экстенсивного расширения парка диагностического оборудования, а за счет создания специализированных гамма-камер. Такой подход, позволяет не только упростить конструкцию гамма-камеры, но и добиться более высоких технических показателей для диагностики отдельных частей человеческого организма. Благодаря возможности оценки мозгового кровотока ОФЭКТ является одним из ведущих методов исследования при сосудистых заболеваниях головного мозга. Он эффективен при диагностике ишемических и геморрагических инсультов, субарахноидальных кровоизлияний и артериовенозных мальформаций, очаговой эпилепсии, при черепно-мозговой травме, при психических расстройствах (например, болезни Альцгеймера), многоинфарктной деменции, шизофрении, депрессивных состояниях и др.

**Ключевые слова:** ядерная медицина, гамма-камера, СПЕКТ (SPECT), диагностика головного мозга.

**Б. В. Гриньов, А. В. Гектін, А. В. Дьомін, В. Р. Любінський, С. С. Макєєв. СПЕЦІАЛІЗОВАНА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ТОМОГРАФІЧНА ГАМА-КАМЕРА "ОФЕКТ-3".**

**Резюме:** У статті описані основні результати реалізації інноваційного проекту по розробці спеціалізованої для діагностики головного мозку медичної томографічної гама-камери "ОФЕКТ-3". В умовах росту радіонуклідних досліджень на 7–14 % у рік, збільшення потреб в устаткуванні може задовольнятися не за рахунок екстенсивного розширення парку діагностичного устаткування, а за рахунок створення спеціалізованих гама-камер. Такий підхід, дозволяє не тільки спростити конструкцію гама-камери, але і домогтися більш високих технічних показників для діагностики окремих частин людського організму. Завдяки можливості оцінки мозкового кровотоку ОФЕКТ є одним з передових методів дослідження при судинних захворюваннях головного мозку. Він ефективний при діагностиці ішемічних і геморагічних інсультів, субарахноїдальних крововиливів і артеріовенозних мальформацій, осередкової епілепсії, при черепно-мозковій травмі, при психічних розладах (наприклад, при хворобі Альцгеймера), багаті інфарктної деменції, шизофренії, депресивних станах і ін.

**Ключові слова:** ядерна медицина, гама-камера, СПЕКТ (SPECT), діагностика головного мозку.

**B. V. Grinyov, A. V. Gektin, A. V. Demin, V. R. Lyubynskiy, S. S. Makeev. DEDICATED GAMMA CAMERA OFECT-3 FOR BRAIN DIAGNOSTICS.**

**Abstract:** In this article the main results of innovation project concerning development of the brain imaging medical gamma camera "OFECT-3" is described. Under the radio nuclide studies growth 7–14% per year an extra equipment necessity could be satisfied not because of the extensive expansion of the conventional equipment but due to the development of dedicated gamma cameras, like "OFECT-3". This approach both simplify the gamma cameras design and give advanced technique for the human body diagnostics. Thank to the possibility of the cerebral blood flow test SPECT (Single Photon Emission Tomography) is the leading method of research for a vascular diseases of brain. It is efficient for cerebral infarction and cerebral hemorrhage diagnostics, subarachnoid hemorrhage and vascular malformations, nidal epilepsy, at craniocerebral injury, mental disorders (for example, Alzheimer's disease), multi-infarct dementia, schizophrenia, depressions etc.

**Keywords:** nuclear medicine, gamma camera, SPECT, brain diagnostics.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Ядерная медицина – наука, которая изучает использование радиофармацевтических препаратов с диагностической и лечебной целью, – зародилась еще в 20-х годах XX столетия. Сначала были созданы методики радиометрии, радиографии, сканирования органов и систем, потом появилась ядерно-медицинская диагностическая аппаратура нового класса, использующая методы эмиссионной компьютерной томографии, – однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ) и позитронная эмиссионная томография (ПЭТ). Первое такое устройство с аналоговым формированием изображений было разработано в США в 1964 году. Идея создания эмиссионных компьютерных томографов возникла почти одновременно с идеей создания рентгеновских компьютерных томографов. Однако темпы реализации промышленных ОФЭКТ и ПЭТ оказались значительно более медленными, что было обусловлено отсутствием возможности создания в теле человека источника излучения достаточно высокой активности. И только после того, как было организовано массовое производство генераторов и циклотронов для получения короткоживущих и ультракороткоживущих радионуклидов, была создана база для широкого клинического применения эмиссионных компьютерных томографов.

Потребность в эмиссионных компьютерных томографах в соответствии с принятыми мировыми стандартами составляет  $2 \div 8$  шт. на 1 млн населения.

В странах СНГ внедрение методов радионуклидной диагностики сдерживается в основном из-за отсутствия современного аппаратного оснащения.

В период с 1996 г. по 1998 г. в соответствии с государственной программой развития медицинской техники, утвержденной Постановлениями Кабинета Министров Украины N 573 в 1992 г. и N 1538 в 1996 г., НТК "Институт монокристаллов" (г. Харьков) разработал и изготовил гамма-камеру, которая получила название "Тамара". Было изготовлено 32 экз. томографа "Тамара", из которых 30 шт. установлено в медицинских учреждениях Украины и 2 шт. поставлены в Россию. В 2001 г. была разработана новая томографическая камера "ОФЭКТ-1" с прямоугольным полем зрения большой площади. Были проведены медицинские испытания томографа "ОФЭКТ-1", изготовлены и за период с 2002 по 2004 г. изготовлены 8 гамма-камер "ОФЭКТ-1".

Все ОФЭКТ можно условно разделить на томографические гамма-камеры общего назначения, а также специализированные. Это связано с тем, что если вначале радионуклидные методы применялись в основном при диагностике онкологических заболева-

ний, то тепер акценти переместились на функціональні дослідження почек, печенки, головного мозгу, серця і других органів.

Данна стаття посвящена розробці гамма-камери спеціального призначення (ОФЕКТ-3) для досліджень головного мозгу. Камера була розроблена і виготовлена Інститутом сцинтиляційних матеріалів НАН України в відповідності з інноваційним проектом, який проводився по порученню Національної академії наук України. Ця гамма-камера дає можливість проводити ряд досліджень головного мозгу при таких захворюваннях, як інсульт, епілепсія і ряд других, чого не можуть зробити ніякі інші дослідження.

### **ПРИНЦИП РАДИОНУКЛИДНОЇ ДІАГНОСТИКИ**

Суть радіонуклідного методу дослідження полягає в тому, що больному вводиться лікарський препарат, з'єднаний з радіонуклідною меткою. В залежності від введенного радіофармацевтичного препарату (РФП) він накопичується в тому або іншому органі. Радіоактивна метка, хімічно пов'язана з препаратом, випускає гамма-кванти і, таким чином, виступає індикатором його розподілу. Особливості такого розподілу дозволяють діагностувати різні захворювання, визначити поширеність патологічного процесу, оцінюється функціональний стан різних органів і фізіологічних систем і визначається ефективність лікування. Завданням гамма-камери є зареєструвати гамма-кванти, випускає меткою, відновити за цими даними розподіл радіофармацевтичного препарату в організмі пацієнта, представити його в зручній формі на екрані комп'ютера і надати лікарю необхідний інструментарій для обробки медичних зображень і постановки діагнозу.

В той час як рентгеновське, ультразвукове або магнітно-резонансне дослідження дає картину морфологічного стану органів, відображаючи їх анатомію, радіонуклідний метод має унікальну здатність – бачити роботу, функцію органу або системи. Це означає, візуалізується не просто орган, а функціонуюча його частина, не просто серцева м'язова або головна мозок, а нормально кровопостачувана частина серцевої м'язової або мозкової тканини і т. д. В залежності від застосованого радіофармацевтичного препарату можна отримувати зображення органів, уражених раковою опухлею і метастазами, або, навпаки, нормально функціонуючу частину органу. До непересомних переваг методу слід віднести високу інформативність, неінвазивність, порівняно низьку лучеву навантаження. Лучева навантаження при використанні більшості сучасних радіофармацевтичних препаратів не перевищує навантаження рентгеновського знімка і порівняно з флюорографічним дослідженням.

### **РАДИОНУКЛИДНА ДІАГНОСТИКА ГОЛОВНОГО МОЗГУ**

Радіонуклідна діагностика грає важливу роль у всіх галузях клінічної медицини, але особливою, унікальною вона представляється при дослідженні головного мозгу.

Інтенсивне розвиток радіонуклідних медичних технологій дослідження головного мозгу в останні роки обумовлено впровадженням сучасної діагностичної техніки і виробництвом нових радіофармацевтичних препаратів.

Касаючись питання технічного забезпечення радіонуклідних досліджень можна сказати, що для дослідження головного мозгу сьогодні використовується виключно томографічні методи діагностики. Серед них – позитронна емісійна томографія

(ПЭТ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ). Однако, ПЭТ является очень дорогим методом исследования и вследствие этого малораспространенным. Напротив, ОФЭКТ, гораздо более дешевый аналог позитронной томографии имеет очень широкое распространение и применение. Этот высокоинформативный метод диагностики становится более и более доступным в нашей стране, благодаря отечественному производству таких аппаратов.

Современная томографическая гамма-камера может зафиксировать конечное распределение радиофармпрепарата в виде статического снимка. При этом изображение собирается с большой экспозицией – 5–20 мин. Такой режим используется для исследования органов, нахождения опухолей и метастазов. На ней может быть проведено также динамическое исследование. При этом собирается серия изображений с малой экспозицией (1–3 сек для исследования сосудов, 10–60 сек для функциональных исследований) следующих друг за другом. Этот режим применяется для функционального исследования различных систем организма – для изучения перераспределения радиофармпрепарата во времени: прохождение препарата по сосудам, всасывание его из крови и дальнейшее прохождение в исследуемом органе.

Кроме этого, при помощи такой гамма-камеры может быть проведено томографическое исследование, при котором гамма-камера обходит вокруг пациента, собирая набор статических изображений, а компьютер по этому набору восстанавливает пространственное распределение радиофармпрепарата.

В 2004 году в Институте сцинтилляционных материалов НАН Украины был создан и впервые испытан в Институте нейрохирургии АМН Украины однофотонный эмиссионный компьютерный томограф "ОФЭКТ-3", предназначенный для исследования головного мозга.

Томографические гамма-камеры общего назначения обладают рядом недостатков по сравнению со специализированными ОФЭКТ. Их детекторы обладают очень большой массой (сотни килограмм) и значительным моментом инерции, что усложняет их позиционирование при проведении исследования. Неточности в установке детекторов приводят к значительному ухудшению качества реконструируемого изображения исследуемого органа. Важным фактором получения качественной томограммы является максимальное приближение детектора к объекту исследования. В томографических гамма-камерах общего назначения очень сложно обеспечить минимальный радиус орбиты вращения детекторов из-за их больших размеров. Особенно сложно сделать это при томографических исследованиях головного мозга. Кроме этого, негативную роль играет психологический дискомфорт, испытываемый пациентом при вращении вокруг него массивного детектора. Людям с неврологическими расстройствами свойственна повышенная чувствительность к таким факторам. Дискомфорт, вызванный внешними факторами томографического исследования способен нарушить естественный ход физиологических процессов в головном мозге, и отрицательно повлиять на результат исследования.

Все эти недостатки устраняются при переходе к кольцевой схеме построения гамма-камеры, реализованной в "ОФЭКТ-3". Вся детектирующая система такой гамма-камеры остается неподвижной относительно исследуемого объекта (головного мозга). Необходимые же для получения томографического изображения перемещения отдельных частей детектора полностью скрыты от пациента, что позволяет избежать их нежелательного влияния на психическое состояние обследуемого. Конструкция камеры обеспечивает также минимальное расстояние от головы пациента до детектора (рис. 1).

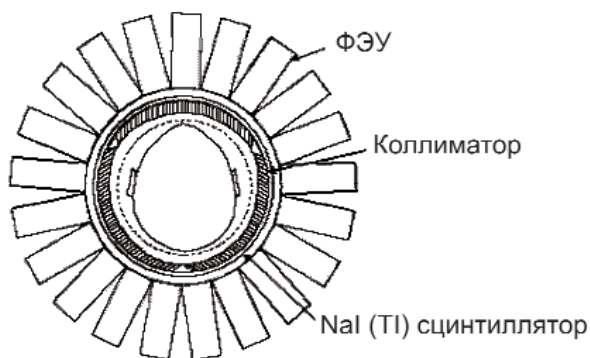
Благодаря возможности оценки мозгового кровотока ОФЭКТ является одним из ведущих методов исследования при сосудистых заболеваниях головного мозга.

При транзиторных ишемических атаках, на ранних стадиях острого ишемического инсульта ОФЭКТ обладает наивысшей информативностью, особенно в первые дни и часы после события. Чем быстрее проводится такое исследование, тем более быстрым и адекватным будет лечение такого пациента. Этот метод является эффективным при диагностике ишемических (рис. 2, см. стр. 74) и геморрагических инсультов, субарахноидальных кровоизлияний и артериовенозных мальформаций.

Особую эффективность имеет метод в диагностике очаговой эпилепсии. Только ОФЭКТ и ПЭТ позволяет визуализировать эпилептогенные очаги функционального характера, которые не сопровождаются структурными изменениями и не выявляются при проведении других методов нейровизуализации.

Важную информацию представляет ОФЭКТ при черепно-мозговой травме, при психических расстройствах, например, болезни Альцгеймера, многоинфарктной деменции, шизофрении, депрессивных состояниях и др. Возможна также оценка церебральной перфузии у больных с апаллическим синдромом, при котором характерно значительное снижение уровня кровотока коры головного мозга.

Современная диагностика опухолей головного мозга, а также оценка эффективности проведенного лечения и выявление рецидивов являются актуальными проблемами нейроонкологии. Радионуклидная диагностика наряду с другими методами лучевой диагностики играет важную роль в решении данных вопросов. Однофотонная эмиссионная томография зачастую является единственным возможным способом дифференциро-



**Рис. 1.** Схема детектирования излучения в гамма камере "ОФЭКТ-3"

вания опухоли головного мозга и псевдоопухолевого течения острого нарушения мозгового кровообращения (рис. 3, см. стр. 74).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В структуре радиологических исследований развитых стран радионуклидная диагностика занимает стабильное четвертое место после рентгенологической, ультразвуковой диагностики, компьютерной и магнитно-резонансной томографии. По данным литературы в США ежедневно проводится почти 44 тыс. медицинских процедур с использованием радионуклидных веществ (или 16 млн в год). В Канаде, Японии, Великобритании проводится 39–48 таких процедур на 1000 населения в год. Количество радионуклидных исследований имеет четкую тенденцию роста в среднем на 7–14 % ежегодно. Более того наблюдается тенденция роста спроса на специализированные гамма-камеры, позволяющие более эффективно и точно проводить диагностику отдельных органов и заболеваний. В этой связи разработка томографической камеры "ОФЭКТ-3" для диагностики головного мозга является важным шагом для развития радионуклидных методов в Украине и мире в целом.