

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОИЗОТОПОВ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

## Содиков Н.О.<sup>1</sup>, Содиков М.Н.<sup>2</sup> Email: Sodikov1172@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Содиков Наим Очилевич - кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой;

<sup>2</sup>Содиков Мурод Наимович – ассистент,  
кафедра медицинской и биологической физики,  
Самаркандский государственный медицинский институт,  
г. Самарканд, Республика Узбекистан

**Аннотация:** в данной работе проведен анализ современных методов и технологий получения медицинских диагностических и брахи-терапевтических радиоактивных препаратов. Кроме этого, дана информация об особенностях применения ускорителей для проведения протонной терапии. Радиоактивные изотопы в относительно больших количествах образуются в атомных реакторах преимущественно путем облучения стабильного изотопа какого-либо элемента нейтронами. Для этого изотоп помещается в специальный канал в стенке реактора вблизи от активной зоны. Поглощая нейтроны, стабильный изотоп превращается в радиоактивный изотоп того же элемента.

**Ключевые слова:** радиоизотоп, позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография, протонная терапия, брахитерапия, Актиний-225 и Радий-223, иттербиевые источники.

## USE OF RADIOISOTOPES IN NUCLEAR MEDICINE

### Sodikov N.O.<sup>1</sup>, Sodikov M.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sodikov Naim Ochilovich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department;

<sup>2</sup>Sodikov Murod Naimovich – Assistant,  
DEPARTMENT OF MEDICAL AND BIOLOGICAL PHYSICS,  
SAMARKAND STATE MEDICAL INSTITUTE,  
SAMARKAND, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Abstract:** this work analyzes modern methods and technologies for obtaining medical diagnostic and brachi-therapeutic radioactive drugs. In addition, information is given on the features of using accelerators for proton therapy. Radioactive isotopes in relatively large quantities are formed in nuclear reactors mainly by irradiating a stable isotope of an element with neutrons. For this, the isotope is placed in a special channel in the wall of the reactor near the core. By absorbing neutrons, a stable isotope turns into a radioactive isotope of the same element.

**Keywords:** radioisotope, positron emission tomography (PET), single photon emission computed tomography, proton therapy, brachytherapy, Actinium-225 and Radium-223, ytterbium sources.

УДК 615.84(615.849.2)

Ядерная медицина в настоящее время стала важнейшей частью системы здравоохранения всех промышленно развитых стран. Получив основной толчок развития во второй половине XX века, когда бурно начала развиваться электроника и робототехника, ядерная медицина пополнила свой арсенал современным инструментарием для проведения процедур, особенно диагностических [3, 9, 15].

Более половины (значительная часть) онкологических больных в настоящий период излечиваются с применением дистанционной или контактной радиотерапии. При этом число пациентов, получивших такое лечение, постоянно возрастает в развитых странах. Ту или иную форму лучевой диагностики (рентгеновская компьютерная томография, позитронная эмиссионная томография (ПЭТ), однофотонная эмиссионная компьютерная томография и др.) проходит почти каждый пациент, страдающий онкологическим или другим тяжелым заболеванием. Исследования, направленные на развитие новых технологий ядерной медицины и лучевой терапии, являются приоритетной частью плана работ научных центров и университетов развитых стран [2, 8, 19].

Вложение средств в исследования по ядерной медицине и лучевой терапии рассматриваются в развитых странах как необходимый вклад в улучшении качества жизни населения. В данной работе приведена обзорная информация о наиболее перспективных технологиях и подходах, используемых в ядерной медицине. Так, в Институте ядерных исследований (ИЯИ) РАН в г. Троицке проводятся фундаментальные и прикладные исследования по ядерной и нейтронной физике, использование результатов данных исследований дают возможность производить большинство изотопов медицинского назначения и осуществлять протонную терапию новообразований любой локализации.

Для проведения экспериментальных исследований в области протонной терапии в ИЯИ РАН используется протонный ускоритель, обеспечивающий пучки протонов с энергией от 100 до 220 МэВ со средним током до 100 мкА [1, 5, 20].

На основе опыта других ядерных центров и существующих тенденций в современной медицине, а также с учетом возможности имеющегося ускорителя протонов была сформирована программа исследований ИЯИ РАН для медицины, которые в настоящее время реализуется. Основными направлениями этой программы исследований являются протонная терапия, производство радиоизотопов для диагностики и терапии, производство и внедрение источников для брахитерапии, лучевой диагностики [6, 16, 21].

Как известно, ускоренные протоны обладают специфическим поведением при прохождении любой среды – выделяемая или ионизирующая энергия не убывает по мере замедления в среде, как у электронов или фотонов, а наоборот, достигает максимума в момент остановки. Выделение ионизирующей энергии в тканях организма приводит к локальному разрушению клеток в заданном месте. Индивидуально подбирая энергию протонов, можно локально разрушить опухоль, расположенную на любой глубине. Практическая реализация протонной терапии до сих пор является весьма сложной научной и технической проблемой. Например, в России нуждаются в протонной терапии, по разным оценкам, от 30 до 50 тыс. больных ежегодно [5, 18].

Несмотря на уникальные характеристики пучков имеющегося сильноточного ускорителя протонов, оптимальным было бы использование для протонной терапии и других прикладных задач в интересах медицины нового специализированного ускорителя протонов средних энергий [3, 6, 14, 18].

Циклотрон обеспечивает пучки протонов высокой интенсивности с энергией ( $E=30-100$  МэВ). Линейный ускоритель, в этом случае, производит дальнейшее ускорение до энергии  $E=250$  МэВ лишь небольшой части протонов из циклотрона, используемых для протонной терапии.

Потребность в радиоизотопах для диагностики и терапии различных заболеваний ежегодно возрастает. Ряд таких изотопов может быть получен с достаточно высокой экономической эффективностью только на сильноточных ускорителях протонов средней энергии. В настоящее время в мире действует менее десяти установок аналогичного типа [10].

Рассмотрим некоторые вопросы применения стронция-82 (период полураспада 25 суток) и генераторов стронция/рубидий-82 для ПЭТ-диагностики. Использование генератора короткоживущего радионуклида, в данном случае рубидия-82 (период полураспада 1,3 минут), позволяет избежать от необходимости сооружения циклотрона и создания радиохимической лаборатории непосредственно в клинике. Это делает более доступной процедуру ранней диагностики инфаркта миокарда и некоторых других заболеваний [11, 16].

Именно таким путем в основном осуществляется ПЭТ-диагностика в США, где смертность из-за сердечно-сосудистых заболеваний занимает второе место после смертности от онкологических заболеваний. В России, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний занимает первое место, в том числе из-за крайне низкого уровня ранней диагностики населения по этим заболеваниям.

В ИЯИ РАН разработана технология производства и других изотопов для медицины.  $Sn-117_m$  является перспективным медицинским терапевтическим радионуклидом. Его используют в первую очередь для терапии костных онкологических заболеваний. В то же время исследования последних лет показывают чрезвычайно высокую эффективность использования этого изотопа и для терапии сосудистых заболеваний. В ИЯИ РАН при участии Брукхейвенской национальной лаборатории (BNL, США) разработана технология производства олово ( $Sn-117_m$ ) в состоянии «без носителя» из облученных мишеней, содержащих сурьму. На основе этой технологии в медицинском радиологическом научном центре (МРНЦ) в г.Обнинске созданы новые Радиоактивные Фармакологические Препараты - альбуминовые микросферы для лечения аденомы простаты, рака печени и молочной железы и других заболеваний, продемонстрировавшие свою эффективность в биологических экспериментах. Актиний-225 и Радий-223 также весьма перспективные радионуклиды, обладающие альфа-излучением с малым пробегом в биологических тканях. Массовое применение этих радионуклидов может значительно улучшить терапию целого ряда онкологических заболеваний.

В ИЯИ РАН ведутся исследования и в других перспективных направлениях ядерной медицины и лучевой терапии, в частности, в области брахитерапии. Для ряда локализаций злокачественных опухолей (предстательной железы, молочной железы, гинекологической локализации и др.), брахитерапия является наиболее эффективным щадящим радикальным лечением. Брахитерапия основана на введении закрытых радиоактивных источников непосредственно в области опухоли. При этом в большинстве случаев удаётся избежать постлучевых осложнений, а длительность лечения составляет всего несколько дней.

Брахитерапия по типу и активности используемых источников разделяется на низкодозовую (НДБ) и высокодозовую брахитерапию (ВДБ). Для проведения ВДБ в настоящее время в основном используется два типа закрытых радионуклидных источников: на основе кобальта-60 и иридия-192. Большая энергия

гамма-излучения кобальта-60 приводит существенному облучению жизненно важных органов пациентов [2, 8].

Таблица 1. Основные изотопы, используемые для брахитерапии

Изотоп	Период полураспада, сутка	Средняя энергия, кэВ
I-125	60	28,4
Cs-131	9,7	30,4
Pd-103	17	21
Ir-192	74	356,8
Co-60	5 лет	>1 МэВ
Yb-169	32	92,8

По имеющимся данным, потребность в операциях с использованием всех видов брахитерапии, например в России, составляет не менее 50000 операций в год. Проведение исследований в этом направлении позволяет перейти к внедрению в практику в России и за рубежом новой перспективной технологии в медицине – брахитерапии с иттербиевыми источниками. Массовому внедрению в медицину этих технологий способствуют преимущества новых источников перед существующими аналогами: менее затратная подготовка терапевтических кабинетов, меньшая цена источников и более простая логистика их доставки в медицинские учреждения. При этом терапевтические свойства у иттербиевых источников по крайней мере не хуже, чем у используемых аналогов с другими изотопами [10, 15].

Существенный вклад в развитие ядерной медицины внесли и узбекские ученые из Института Ядерной Физики Академии Наук Узбекистана (ИЯФ АН РУз) г. Ташкент. Так, в 1956 году был организован ИЯФ (Институт ядерной физики) в посёлке Улугбек города Ташкента Республики Узбекистан и создана лаборатория радиоизотопов (во время руководства д.ф.м.н., профессор Гулямова У.Г.).

В 1976 году было создано предприятие «Радиопрепарат» ИЯФ, предназначенное для выпуска меченных радиоактивных соединений. Предприятие «Радиопрепарат» производило для внутреннего рынка и экспортировало в страны содружества, Европу и США меченые препараты и соединения, а также изделия с радиоактивными изотопами. Номенклатура выпускаемых соединений для медицины и науки превышала 60 наименований [6, 12, 17].

Показателем высокого уровня специалистов в области радиохимии Узбекистана является тот факт, что около 70% мирового объема производства радиофарм препарата йод 125 (I-125), приходилось на Узбекистан. В настоящий период одним из перспективных технологий получения медицинских радиофарм препаратов является ускорительный метод. Радиоактивные изотопы в относительно больших количествах образуются в атомных реакторах преимущественно путем облучения стабильного изотопа какого-либо элемента нейтронами. Для этого изотоп помещается в специальный канал в стенке реактора вблизи от активной зоны. Поглощая нейтроны, стабильный изотоп превращается в радиоактивный изотоп того же элемента. Таким образом, могут быть получены почти все радиоактивные изотопы, применяемые в медицине.

#### Список литературы / References

1. Азимов А.Н. и др. Радиоактивность природных вод Нурабадского района Самаркандской области // Атомная энергия, 2015. Т. 118. № 3. С. 175-178.
2. Агабабян Л.Р. и др. Особенности чистопрогестиновой контрацепции у женщин с преэклампсией/эклампсией // Вопросы науки и образования, 2019. № 26 (75). С. 70-76.
3. Даминов Ф.А. и др. Хирургическая тактика лечения диффузно-токсического зоба // Академический журнал Западной Сибири, 2013. Т. 9. № 1. С. 21-21.
4. Дехканов Т.Д. и др. Морфология флюоресцирующих структур двенадцатиперстной кишки // European research, 2019. С. 183-187.
5. Каримов Х.Я., Тен С.А., Тешаев Ш.Ж. Влияние факторов внешней среды на мужскую репродуктивную систему // Пробл. биол. и мед, 2007. Т. 2. С. 88-93.
6. Насретдинова М.Т., Карабаев Х.Э. Совершенствование методов диагностики у пациентов с головокружением // Оториноларингология Восточная Европа, 2017. Т. 7. № 2. С. 194-198.
7. Насретдинова М.Т. Изменения стабиллометрических показателей у пациентов с системным головокружением // Оториноларингология. Восточная Европа, 2019. Т. 9. № 2. С. 135-139.
8. Рахманов К.Э. и др. Результаты хирургического лечения больных узловым зобом // Завадские чтения, 2017. С. 145-148.
9. Раимкулова Д.Ф., Ризаев Ж.А. Критерии диагностики внебольничной пневмонии у детей с кариесом зубов // Stomatologiya, 2017. № 3. С. 99-101.

10. *Ризаев Ж.А., Муслимов О.К.* Некоторые аспекты патогенеза некариозных заболеваний и его взаимосвязь с гормональными нарушениями // *Stomatologiya*, 2017. № 3. С. 95-98.
11. *Ризаев Ж.А. и др.* Использование светодиодного излучения в стоматологии (обзор литературы) // *Stomatologiya*, 2017. № 4. С. 73-75.
12. *Содиқов Н.О., Темиров Ф.Н., Содиқов М.Н.* Перспективы нанотехнологии в медицине // *World Science*, 2016. Т. 1. № 2 (6). С. 87-91.
13. *Содиқов Н.О. и др.* Перспективы использования ускорителей при лечении новообразований в организме человека в условиях Узбекистана // *Вопросы науки и образования*, 2019. № 27 (76). С. 84-88.
14. *Содиқов М.Н. и др.* Экологические проблемы ядерной энергетики // *Вопросы науки и образования*, 2019. № 27 (76). С. 118-122.
15. *Содиқов Н.О., Содиқов М.Н., Темиров Ф.Н.* Применение ультразвука в медицине // ББК 1 А28, 2020. С. 32.
16. *Тешаев Ш.Ж. и др.* Морфометрические параметры головы и лица у здоровых детей в зависимости от вида вскармливания // *Морфология*, 2016. Т. 149. № 3. С. 204-205.
17. *Тен С.А. и др.* Показатели физического и полового развития юношей призывного возраста // *Проблемы биологии и медицины*, 2008. № 1. С. 51.
18. *Хасанова Д.А., Тешаев Ш.Ж.* Макроанатомия лимфоидных структур брыжеечной части тонкой кишки крыс в норме и на фоне хронической лучевой болезни // *Морфология*, 2019. Т. 156. № 4. С. 51-55.
19. *Харибова Е.А., Тешаев Ш.Ж.* Изменения состава просветной микрофлоры в разные периоды постнатального развития // *Морфология*, 2020. Т. 157. № 2-3. С. 224-225.
20. *Шамирзаев Н.Х. и др.* Морфологические параметры семенников у 3-месячных крыс в норме и при хронической лучевой болезни // *Морфология*, 2020. Т. 157. № 2-3. С. 241-241.
21. *Ahmedova A.T., Agababayan L.R., Abdullaeva L.M.* Peculiarities of the perimenopause period in women with endometriosis // *International scientific review*, 2020. № LXX. С. 100-105.