

and processing of verification results. One of the modern areas of interface improvement is the development and research of software for signature recognition and visualization.

The advent of modern computer input tools has led to the emergence of a new type of online signature describing the signature creation process, not the result. Moreover, not only the coordinates of points on the line, but also a sequence of vectors of parameter values for each of the values of pressure, direction and speed of movement, the angle of adaptation of the pen and the signature time.

Key words: verification, function, algorithm, binarization, signature.

Авторлар туралы мәліметтер

А.Т. Төлеушова* – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Ақпараттық технологиялар кафедрасының ассистенті, Алматы Технологикалық Университеті, Алматы қ, Қазақстан. e-mail: ainurka19_95@bk.ru

Д.М. Уйпалакова – Ақпараттық технологиялар кафедрасының лекторы, Алматы Технологикалық Университеті, Алматы қ, Қазақстан. e-mail: dinaraatu2020@gmail.com

А.Б. Имансакипова – Ақпараттық технологиялар кафедрасының лекторы, Қазақ халықаралық қатынастар және әлем тілдері университеті, Алматы қ, Қазақстан. e-mail: dinaraatu2020@gmail.com

Сведения об авторах

А.Т. Төлеушова* – магистр естественных наук, ассистент кафедры информационных технологий, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан. e-mail: ainurka19_95@bk.ru

Д.М. Уйпалакова – лектор кафедры информационных технологий, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан. e-mail: dinaraatu2020@gmail.com

А.Б. Имансакипова – лектор кафедры информационных технологий, Казахский университет международных отношений и мировых языков, г. Алматы, Казахстан. e-mail: dinaraatu2020@gmail.com

Information about the authors

A.T. Toleushova* – Master of Natural Sciences, Assistant of the Department of Information Technology, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan. e-mail: ainurka19_95@bk.ru

D.M. Uypalakova – Lecturer of the Department of Information Technologies, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan. e-mail: dinaraatu2020@gmail.com

A.B. Imansakipova – Lecturer of the Department of Information Technologies, Kazakh University of International Relations and World Languages, Almaty, Kazakhstan. e-mail: dinaraatu2020@gmail.com

DOI: 10.53360/2788-7995-2022-1(5)-8

МРНТИ 29.01.01

С.Л. Елистратов¹, А.Р.Хажидинова², О.А. Степанова², А.С. Хажидинов³, Д.Н. Нурғалиев²

¹Новосибирский государственный технический университет,
Российская Федерация, Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20

²Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, Семей, ул. Глинки, 20 А

³Центр ядерной медицины и онкологии города Семей,
071400, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Кутжанова, 3

*e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОАКТИВНОГО ЙОДА 131 ПРИ ЛЕЧЕНИИ РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация: Настоящая статья посвящена проблеме высокого уровня онкологических заболеваний населения Республики Казахстан. Анализ представленных статистических данных свидетельствует о ежегодном росте числа выявления

зарегистрированных онкологических заболеваний у населения Республики Казахстан. Применительно к нашему региону, ежегодный рост числа обнаружения онкологических заболеваний у населения Абайской области, что, несомненно, связано с последствиями существования на данной территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона, приводит к необходимости проведения исследований методик и терапий, направленных на улучшение прогнозирования процесса лечения пациентов с онкологическими заболеваниями.

В настоящее время, представленная в работе, методика радиойодтерапии хорошо зарекомендовала себя во всем мире, в нашей стране она только начинает применяться для лечения онкологических заболеваний, и в частности рака щитовидной железы. Данная методика лечения позволяет уничтожать раковые клетки, хирургическое удаление которых не представляется возможным. Точный расчет активности йода 131 позволяет достичь необходимой дозовой нагрузки на щитовидную железу пациента без излишек радиации. В работе представлены формулы, которые используются для расчета активности йода 131. Данная методика лечения проводится в отделении «Радионуклидной терапии» Центра ядерной медицины и онкологии города Семей.

Ключевые слова: онкологические заболевания, щитовидная железа, радиойодтерапия, поглощенная доза.

Введение.

Медицинская физика в настоящее время позиционируется как «наука будущего». Это связано в первую очередь с широким спектром направлений медицинской физики охватывающих области ядерной медицины, радиационной защиты, радиационной онкологии, диагностической и интервенционной радиологии. Ежегодно растёт число выявленных онкологических заболеваний. Согласно статистическим данным в Республике Казахстан в 2021 году зарегистрировано более тридцати шести тысяч новых случаев онкологических заболеваний, что почти на четыре тысячи больше в сравнении с предыдущим годом [1]. На рисунке 1 представлена картограмма заболеваемости злокачественными новообразованиями (без рака кожи) в 2021 году на 100 000 населения.



Рисунок 1 – Картограмма заболеваемости злокачественными новообразованиями (без рака кожи) в 2021 году на 100 000 населения

На картограмме подробно показан высокий, средний и низкий уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в разрезе регионов страны. Наиболее высокие показатели заболеваемости населения злокачественными новообразованиями на 100 тысяч населения в Северо-Казахстанской области – 287,3; в Павлодарской области – 281,5; в Восточно-Казахстанской области – 255,3. Представленные статистические данные свидетельствуют о необходимости проведения дальнейших исследований в области медицинской физики с целью повышения качества жизни населения Республики Казахстан.

До разделения областей 8 июня 2022 года территория Абайской области входила в состав Восточно-Казахстанской области, поэтому показатели числа онкобольных за 2019-2021 года представлены по ВКО.

Высокий уровень заболеваемости населения Абайской области согласно представленным статистическим данным связан с расположением на ее территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Статистическое число онкобольных на территории Восточно-Казахстанской области (за каждые первые 10 месяцев последних лет представлено на рисунке 2 [2]:

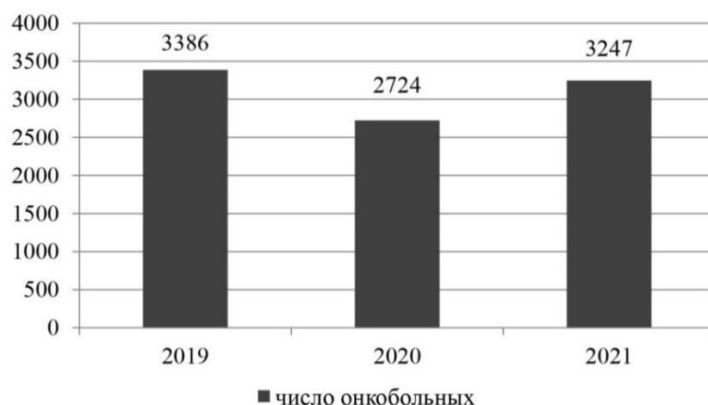


Рисунок 2 – Число онкобольных за каждые первые 10 месяцев 2019-2021 годов

Как видно на рисунке 2 число онкобольных по-прежнему остаётся большим. Необходимость повышения качества жизни и доступности медицинской помощи пациентам с онкологическими заболеваниями ставит задачу развития медицинской физики именно в этом направлении.

Принципиальное решение обозначенных проблем

Создание и внедрение современного высокотехнологичного медицинского оборудования позволяет совершить революционный прогресс в здравоохранении. Выявление онкологических заболеваний на ранних стадиях позволяет предотвращать тяжёлые последствия болезни, своевременно и эффективно проводить лечение.

В отделении «Радионуклидной терапии» Центра ядерной медицины и онкологии города Семей для лечения заболевания щитовидной железы (ЩЖ) применяется радиойодтерапия, при которой рассчитывается активность изотопа йода 131 с целью получения нужной терапевтической дозы [3, 4].

Цель настоящей работы – определение активности йода 131 для минимизации избыточного воздействия радиации на организм пациента и повышения эффективности лечения рака щитовидной железы.

Для лечения рака щитовидной железы метод радиойодтерапии апробирован во всем мире, в Республике Казахстан данный метод лечения только начинает применяться. Первый опыт проведения радиойодтерапии для лечения рака щитовидной железы населения Республики Казахстан получен в 2021 году [4]. По-прежнему актуальным остается вопрос снижения вредного воздействия радиойодтерапии на организм пациента. **Новизна работы** заключается в том, что в настоящей работе впервые представлен алгоритм мероприятий направленных на определение активности йода 131, необходимой для достижения рекомендуемых доз облучения.

Методика проведения исследования.

Эффективность радиойодтерапии обусловлена особенностями быстрого захвата щитовидной железой изотопов йода ^{131}I из кровеносной системы при введении пациенту радиоактивного вещества и его быстрого усвоения в желудке. Йод принимается в капсульном или жидком виде перорально. Среднее время усвоения 90% радиопрепарата составляет 1 час. Помимо вышеупомянутого перорального введения радиопрепарата существует возможность и внутривенного введения изотопа йода 131 в виде йодида, который накапливается в щитовидной железе [5 ÷ 9].

Крайне важное значение имеет продолжительность жизни изотопа I^{131} , что составляет порядка 193 часов. В результате распада выделяются высоко-проникающие β -частицы и γ -лучи. Большая часть энергии во время распада, 95%, приходится на β -излучение, что способствует лучшему проникновению радиопрепарата к раковым клеткам. В месте применения соответствующего бета-излучателя достигается локальное действие радионуклида, которое не может быть достигнуто посредством внешней лучевой терапии [5 ÷ 9].

При применении комбинированного бета- и гамма-излучателя (например, I^{131}) предоставляется возможность проследить биокинику лечебного действия бета-излучения, внешне количественно измеряя дополнительную гамма-компоненту излучения [5 ÷ 9].

Поскольку гамма-лучи можно зарегистрировать снаружи, появляется возможность определить накопление активности и эффективный период полувыведения предварительно до лечения (предварительный тест для вычисления дозы), так же как и во время лечения (определение фактической эффективной дозы). Но терапевтический эффект, по существу, будет вызван бета-компонентой излучения [5 ÷ 9].

Дозиметрическое планирование радионуклидной терапии.

Приблизенно величина используемой дозы D [Гр] может быть вычислена по формуле Маринелли [3]:

$$D = \frac{A \cdot T_{1/2eff} \cdot I^{131} - Uptake}{V \cdot k} \quad (1)$$

где A – активность, необходимая для получения желаемой дозы в очаге, МБк;

$T_{1/2eff}$ – эффективный период полувыведения железы в днях, из щитовидной железы;

$I^{131} - Uptake$ – максимальное накопление I^{131} щитовидной железой или аденомой в процентах от использованной активности, %;

V – общий объем щитовидной железы (например, при Базедовой болезни) или скинтиграфически горячего узла щитовидной железы (автономная аденома), который будет подвержен облучению, мл;

k – константа, зависит от того, в каких единицах указана активность (МБк) или доза (Гр). При использовании единиц СИ (МБк и Гр) $k = 25$.

В ежедневном опыте иногда используют старые (мКи) и новые единицы (Гр), так как они являются наиболее широко распространёнными; в этом случае $k = 0,67$. Максимальное накопление активности и эффективный период полувыведения из щитовидной железы получают с помощью радиойодного теста.

Для расчёта терапевтической поглощённой дозы используются средние значения, в соответствии с таблицей 1 [10, 11], стандартных периодов полувыведения изотопа йода 131. При этом имеет значение форма и функциональное состояние щитовидной железы.

Таблица 1 – Средняя стандартная продолжительность полувыведения йода 131 (сут.)

ФА щитовидной железы	Гипертироз, сутки	Эутироз, сутки
УФА (унифокальная автономия)	4,2	4,8
БФА (бифокальная автономия)		
МФА (мультифокальная автономия)	4,8	5,5
ДА (диссеминированная автономия)	4,6	5,5

Представленные средние стандартные периоды вполне достаточны для определения полувыведения йода 131 из щитовидной железы, но если существует необходимость повышения точности определения времени полувыведения йода, используют измерения $I^{131} - Uptake$ (максимального захвата изотопа щитовидной железой, %) через 4, 6, 8 и 48 часов.

Алгоритм выполнения радиойодтеста.

Суточный радиойодтест для расчета $I^{131} - Uptake$ необходимо проводить за сутки до радиойодтерапии. Пациенту вводятся диагностические капсулы, активность которых составляет 1 ÷ 3 МБк. Для измерения дозы облучения применяется гаммарadiометр, в качестве которого используются аппараты пик по энергии, у которых 364 килоэлектронвольт и окном в 20%.

При проведении радиойодтеста расстояние от шеи пациента или фантома с капсулой до аппарата выдерживается на уровне 15 ÷ 24 см. Продолжительность измерений занимает 1 минуту. Процедура выполнения радиойодтеста представлена на рисунке 3, определения максимального захвата изотопа щитовидной железой по формуле 2.

1. Измерение активности диагностической капсулы в калибраторе активности изотопов
2. Измерение количества импульсов диагностической капсулы гаммарадиометром в фантоме шеи
3. Прием натошак перроорально диагностической капсулы пациентом (запить 1 ÷ 2 стаканами воды)
4. Измерение активности фонового излучения гаммарадиометром с фантома шеи (число импульсов)
5. Измерение активности щитовидной железы пациента гаммарадиометром через 24 часа (число импульсов)
6. Определение максимального захвата изотопа щитовидной железой, % по формуле 2

Рисунок 3 – Процедура выполнения радиойодтеста

Максимальный захват изотопа щитовидной железой, % определяется по формуле:

$$I^{131} - Uptake = \frac{N_{щж} - N_{\phi}}{N_{\kappa} - N_{\phi}} \cdot 100 \quad (2)$$

где $N_{щж}$ – число импульсов с области щитовидной железы;

N_{ϕ} – число импульсов естественного фонового излучения;

N_{κ} – число импульсов от диагностической капсулы с I^{131} .

Определение размеров щитовидной железы

Для диагностики размеров и массы органов – мишеней и подвергающихся облучению органов используют методы рентгенографии, компьютерной томографии, ультразвукового исследования, сцинтиграфии или другого возможного исследования. Чаще всего, на практике используются данные анатомических атласов при упрощенном дозиметрическом планировании [3].

Размеры долей щитовидной железы и узловых образований определяются по формуле эллипсоида:

$$V = \frac{\pi \cdot a \cdot b \cdot c}{6} \quad (3)$$

здесь a , b , c – длина, ширина и толщина одной доли или узлового образования без объема кистозных изменений.

Заключение.

Лечение онкологических заболеваний методом радиойодтерапии позволяет уничтожать раковые клетки, хирургическое удаление которых труднодоступно или не представляется возможным. Эффективность лечения во многом будет зависеть от проведения качественных расчётов активности радиоизотопа йода 131 принимаемого пациентом. Расчет оптимальной активности йода 131 предполагает определение размеров щитовидной железы и проведения процедур радиойодтеста, которые учитывают состояние организма, влияющие на скорость выведения йода из организма онкобольного. Правильно подобранная активность йода 131 позволяет снизить негативные последствия лечения при радиойодтерапии. В работе впервые представлен алгоритм мероприятий направленных на определение активности йода 131, необходимой для достижения рекомендуемых доз облучения.

Список литературы

1. https://www.inform.kz/ru/svyshe-194-tys-kazahstancev-stradayut-ot-nkozabolevaniy_a3922896
2. <https://yk-news.kz/news/B-BKO-увеличилось-количество-онкологических-больных>.
3. <https://www.google.com/search?client=opera&q=радиойодтерапия&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8>
4. Белихина Т.И., Сандыбаев М.Т., Атантаева Б.Ж., Есболатова Н.С. Первый опыт проведения радиойодтерапии у пациентов с дифференцированными формами рака щитовидной железы // Сб. тез. VIII съезда онкологов и радиологов Казахстана с межд. уч. – Туркестан, 2021 г.
5. Данилова Л.И., Валуевич В.В. Радиойодтерапия доброкачественных заболеваний щитовидной железы. Проблемы Эндокринологии, 2006. – 52(2):43-47. <https://doi.org/10.14341/probl200652243-47>
6. Braga M., Walpert N, Burch H. B. et al. // Thyroid. – 2002. – Vol. 12. – P. 135-139.
7. Фархутдинова Л.М. Радиойодтерапия папиллярного рака щитовидной железы, осложненная лучевым миелитом. Клинический случай. Арх. внутр. Медицины, 2018. – 8(3):223-230. <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2018-8-3-223-230>
8. Mountford P.J., Temperton D.H. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection 1990 // Eur. J. Nucl. Med., 1992. – No 9. – 77-79.
9. Ванушко В.Э., Кузнецов Н.С., Гарбузов П.И., Фадеев В.В. Рак щитовидной железы // Проблемы эндокринологии, 2005. – Т.51. – № 4. – С.43-53.
10. Гарбузов П.И. Алгоритмы диагностики и лечения высокодифференцированного рака щитовидной железы // Клиническая тиреоидология, 2003. – Т.1. – № 3. – С.63-67.
11. «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» от 27 февраля 2015 года № 155. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 10 апреля 2015 года № 10671.
12. «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам» от 27 марта 2015 года № 260. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 5 июня 2015 года № 11204.

References

1. https://www.inform.kz/ru/svyshe-194-tys-kazahstancev-stradayut-ot-onkozabolevaniy_a3922896
2. <https://yk-news.kz/news/B-BKO-увеличилось-количество-онкологических-больных> (In Russian)
3. <https://www.google.com/search?client=opera&q=радиойодтерапия&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8>
4. Belikhina T.I., Sandybaev M.T., Atantayeva B.Zh., Esbolatova N.S. The first experience of radioiodine therapy in patients with differentiated forms of thyroid cancer. abstract VIII Congress of oncologists and radiologists of Kazakhstan with int. uch. – Turkestan. – 2021/ (In Russian)
5. Danilova L.I., Valuyevich V.V. Radioiodine therapy for benign thyroid diseases. Problems of Endocrinology. 2006;52(2):43-47. (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/probl200652243-47/> (In Russian)
6. Braga M., Walpert N, Burch H. B. et al.//Thyroid. -2002. -Vol. 12. -P. 135-139.
7. Farkhutdinova L.M. RADIOIODINE THERAPY OF PAPILLARY THYROID CANCER, COMPLICATED BY A RADIAL MYELITIS. CLINICAL CASE. The Russian Archives of Internal Medicine. 2018;8(3):223-230. <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2018-8-3-223-230/> (In Russian)
8. Mountford P.J., Temperton D.H. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection 1990 // Eur. J. Nucl. Med. 1992. No 9, 77-79.
9. Vanushko V.E., Kuznetsov N.S., Garbuzov P.I., Fadeev V.V. Thyroid cancer // Problems of endocrinology. 2005, V.51, No. 4. pp.43-53. (In Russian)
10. Garbuzov P.I. Algorithms for the diagnosis and treatment of highly differentiated thyroid cancer. Clinical thyroidology. 2003. V.1, No. 3, S.63-67. (In Russian)
11. “Sanitary and epidemiological requirements for ensuring radiation safety” dated February 27, 2015 № 155. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on April 10, 2015 № 10671. (In Russian)
12. “Sanitary and epidemiological requirements for radiation hazardous facilities” dated March 27, 2015 № 260. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on June 5, 2015 № 11204. (In Russian)

С.Л.Елистратов¹, А.Р.Хажидинова², О.А. Степанова², А.С. Хажидинов³, Д.Н. Нурғалиев²

¹ Новосибирск қаласының мемлекеттік техникалық университеті,
Ресей Федерациясы, Новосибирск, Карл Маркс, 20 даңғылы

² Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ. Глинки к-сі, 20 А

³ Семей қаласының ядролық медицина және онкология орталығы,
071400, Қазақстан Республикасы, Семей қ. Кутжанов к-сі, 3

*e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ХАЛҚЫНЫҢ ҚАЛҚАНША ТӘРІЗДІ БЕЗІ ОБЫРЫН ЕМДЕУІНЕ АРНАЛҒАН РАДИОАКТИВТІ 131 ЙОДТЫҢ ОҢТАЙЛЫ БЕЛСЕНДІЛІГІН АНЫҚТАУ

Осы мақала Қазақстан Республикасы халқының онкологиялық ауруларының жоғары деңгейі мәселелеріне арналған. Ұсынылған статистикалық деректерді талдау Қазақстан Республикасы халқында тіркелген онкологиялық ауруларды анықтау санының жыл сайынғы өсуін айғақтайды. Біздің өңірге қатысты Қазақстан Республикасы Абай облысының тұрғындарында онкологиялық ауруларды анықтау санының жыл сайынғы өсуі, бұл, сөзсіз, осы аумақта бұрынғы Семей ядролық полигонының болуымен байланысты, онкологиялық аурулармен ауыратын науқастарды емдеу процесін болжауды жақсарту үшін одан әрі зерттеулер жүргізу қажеттілігіне алып келеді.

Қазіргі уақытта жұмыста ұсынылған радиодиодты терапия әдісі онкологиялық ауруларды, атап айтқанда қалқанша безінің қатерлі ісігін емдеу үшін белсенді қолданылады. Бұл емдеу әдісі хирургиялық алып тастау мүмкін емес рак клеткаларын жоюға мүмкіндік береді. Науқас қабылдауы керек препараттың белсенділігін дәл есептеу пациенттің дозалық жүктемесін азайтуға және сонымен бірге қажетті терапиялық әсерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Жұмыста қалқанша безінің қатерлі ісігін сәтті емдеу үшін пациенттердің сәулелену дозасын есептеу үшін қолданылатын формулалар ұсынылған. Бұл емдеу әдісі Семей қаласының ядролық медицина және онкология орталығының «Радионуклидтік терапия» бөлімшесінде жүргізіледі.

Түйін сөздер: Онкологиялық аурулар, қалқанша без, радиодиодте-рапия, сіңірілген доза.

**S.L. Elistratov¹, A.R. Khazhidinova², O.A. Stepanova², A.S. Khazhidinov³,
D.N. Nurgaliyev²**

¹Novosibirsk State Technical University,
Russian Federation, Novosibirsk, ave. Karl Marx, 20

²Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

³Center for Nuclear Medicine and Oncology of Semey,
071400, Republic of Kazakhstan, Semey, Kutzhanova Street, 3

*e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru

DETERMINATION OF OPTIMAL ACTIVITY OF RADIOACTIVE IODINE 131 AT TREATMENT OF THYROID CANCER OF POPULATION OF REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

This article is devoted to the problem of a high level of oncological diseases of the population of the Republic of Kazakhstan. The analysis of the presented statistical data indicates an annual increase in the number of detection of registered oncological diseases in the population of the Republic of Kazakhstan. With regard to our region, the annual increase in the number of cancer detection in the population of the Abai region, which is undoubtedly due to the existence of the former Semipalatinsk nuclear test site on this territory, leads to the need for further research to improve the prediction of the treatment process of patients with cancer.

Currently, the method of radioiodotherapy presented in the work is actively used for the treatment of oncological diseases, and in particular thyroid cancer. This method of treatment allows you to destroy cancer cells, surgical removal of which is not possible. An accurate calculation of the activity of the drug to be taken by the patient allows you to reduce the dose load on the patient

and at the same time achieve the desired therapeutic effect. The paper presents formulas that are used to calculate the radiation dose of patients for the successful treatment of thyroid cancer. This method of treatment is carried out in the department of "Radionuclide Therapy" of the Center for Nuclear Medicine and Oncology of Semey.

Key words: *oncological diseases, thyroid gland, radiotherapy, absorbed dose.*

Сведения об авторах

С.Л. Елистратов – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Тепловые электрические станции»; Новосибирский Государственный Технический Университет, Российская Федерация, Новосибирск; e-mail: elistratov.sl@yandex.ru

А.Р. Хажидинова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Казахстан, Семей; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru № ORCID: 0000-0001-8802-1559

О.А. Степанова – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика»; НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Казахстан, Семей; e-mail: aug11@mail.ru

А.С. Хажиidinov – магистр, инженер – циклотрона Центра ядерной медицины и онкологии города Семей, Казахстан, Семей; e-mail: khazhidinov@mail.ru

Д.Н. Нурғалиев – магистр, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Казахстан, Семей; e-mail: daniarsemei@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

С.Л. Елистратов – т.ғ.д., профессор, «Жылу электр станциялары» кафедра меңгеруші; Новосибирск Мемлекеттік Техникалық Университеті, Ресей Федерациясы, Новосибирск қ.; e-mail: elistratov.sl@yandex.ru

А.Р. Хажидинова – PhD, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Семей қ.; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru № ORCID: 0000-0001-8802-1559

О.А. Степанова – т.ғ.к., доцент, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедра меңгеруші; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Семей қ.; e-mail: aug11@mail.ru

А.С. Хажиidinov – магистр, циклотрон – инженері, Семей қаласының Ядролық медицина және онкология орталығы, Қазақстан, Семей қ.; e-mail: khazhidinov@mail.ru

Д.Н. Нұрғалиев – магистр, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Семей; e-mail: daniarsemei@mail.ru

Information about the authors

S.L. Elistratov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. department «Thermal power plants»; Novosibirsk State Technical University, Russian Federation, Novosibirsk; e-mail: elistratov.sl@yandex.ru

A.R. Khazhidinova – PhD, acting associate professor of the department "Technical physics and heat power engineering"; «Shakarim University of Semey», Kazakhstan, Semey; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru № ORCID: 0000-0001-8802-1559

O.A. Stepanova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head. Department of «Technical Physics and heat Power Engineering»; "Shakarim University of Semey", Kazakhstan, Semey; e-mail: aug11@mail.ru

A.S. Khazhidinov – master, cyclotron – engineer of «Center for Nuclear Medicine and Oncology of Semey», Kazakhstan, Semey; e-mail: khazhidinov@mail.ru

D.N. Nurgaliyev – master, senior Lecturer of the department «Technical Physics and heat Power Engineering»; «Shakarim University of Semey», Kazakhstan, Semey; e-mail: daniarsemei@mail.ru