УДК 331.43:331.48

**Г. К. Даумова[1], А. Б. Бекмагамбетов[2], Г. С. Саттарова[3], Э. А. Кульмагамбетова[2]**

*[1]НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Усть-Каменогорск, Казахстан*

*[2]РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан», Астана, Казахстан*

*[3]НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда, Казахстан*

# ВОЗДЕЙСТВИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И УСЛОВИЯ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ ТИТАНОВЫХ СЛИТКОВ

*Аннотация.* В статье проанализировано влияние рентгеновского излучения на организм работников. Проведен анализ научной литературы по вопросам современных радиационно-защитных материалов. Определены опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на рабочий персонал при производстве титановых слитков. Проведен выбор средств индивидуальной защиты с использованием действующего подхода согласно межотраслевым нормам и нового риск-ориентированного подхода, основанного на применении номенклатуры. Для улучшения условий труда плавильщиков рекомендовано применять в качестве релевантной защиты от воздействия рентгеновского излучения шлем, защитные очки, фильтрующие маски, защитный костюм изолирующий.

В статье представлены результаты научных исследований, полученные в ходе реализации научно-технической программы на тему «Условия труда и профессиональные риски: классификация, категории и критерии группировки в рамках перехода к «зеленой экономике» (ИРН BR22182667).

*Ключевые слова:* рентгеновское излучение, электронно-лучевая печь, опасные и вредные производственные факторы, плавильщик, условия труда, средства индивидуальной защиты.

*Введение.* Неизбежным результатом прогрессирующей технологической цивилизации является увеличивающаяся опасность воздействия техногенных факторов на здоровье и жизнь людей. Одним из таких факторов является рентгеновское излучение. Сегодняшний подход к контролю радиационной безопасности претерпевает изменения. Если ранее проблема радиационной безопасности сводилась к обеспечению контроля над отдельными потенциально опасными объектами, то сейчас она приобретает глобальный характер. Интерес общества к вопросам радиационной безопасности населения и персонала, работающего с источниками рентгеновского излучения, непрерывно возрастает и остается актуальным в наше время.

С увеличением применения рентгеновского излучения в различных областях, таких как медицинская промышленность, терапевтическое лечение, консервация пищевых продуктов, исследовательские центры, потребность в защитном материале и его значимость возросли. Предотвращение попадания рентгеновских лучей на организм работников имеет большое значение для безопасного внедрения широкого спектра сопутствующих технологий. Однако современные материалы обычно

характеризуются низкими механическими свойствами и имеют опасность обратного рассеяния радиации.

Обычно для радиационной защиты используются металлический свинец, бетон и соединения свинца с другими тяжелыми металлами. Хотя их защитные свойства достаточно хороши, они либо токсичны, тяжелы, подвержены коррозии, либо обладают слабой термической или механической стабильностью [1].

Bijanu A. и другие в своей работе [2] предлагают новые радиационно-защитные материалы, устраняющие вышеназванные недостатки. Бессвинцовые металлополимерные композиты, которые изготавливаются путем включения соединений металлов с высоким содержанием Z в полимерную матрицу, оказались лучшей альтернативой в качестве материалов, защищающих от радиации, благодаря их легкому весу, гибкости, нетоксичности, некоррозийности и хорошим механическим свойствам.

Zeng C. и другие в своей научной статье [3] изложили результаты исследований материалов радиационной защиты на основе композитов с учетом требований отрасли. Ими рассмотрены три категории материалов для радиационной защиты на полимерной основе, композиты на основе металлов и композиты на тканевой основе.

В научной работе [4] авторами отмечено, что экранирующая способность материалов, не содержащих свинца, значительно ниже, чем у самого свинца. Чтобы максимизировать ослабление излучения защитными материалами, не содержащими свинца, необходимо обеспечить поперечное сечение с высоким ослаблением, перпендикулярное направлению входящих рентгеновских лучей. В исследовании авторами были разработаны эффективные рентгенозащитные материалы, состоящие из сульфатированного оксида церия и галогенидов висмута. Важно отметить, что материалы легкие и механически гибкие из-за отсутствия тяжелых металлов (например, Pb и W). Благодаря синергетическому эффекту легированного оксида металла и галогенидов висмута полученный тонкий (приблизительно 3 мм) и легкий (0,85 г·см$^{-3}$) композит достиг хорошей степени защиты от рентгеновского излучения примерно 92 % при 60 кВ.

Другими исследователями разработан конструкционный материал с высокими массовыми коэффициентами затухания в широком диапазоне энергий (10–100 кэВ) [5]. Интеграция элементов с высоким *Z* в иерархические коллагеновые нановолокна сильно снижает обратное рассеяние излучения, в результате чего образуется только 28% вторичного излучения по сравнению со стандартной свинцовой пластиной. Водопроницаемость искусственной кожи почти в 340 раз выше, чем у обычно используемых синтетических и натуральных полимеров. По сравнению с коммерческими материалами на основе каучука прочность на разрыв искусственной кожи увеличилась до 27,22 МПа (увеличение в десять раз) и прочность на разрыв до 78,5 Н мм$^{-1}$ (увеличение в три раза) соответственно. Полностью сшитый по индивидуальному заказу костюм из искусственной кожи обеспечивает снижение скорости метаболизма при передвижении на 24,7 % и снижение температуры тела на 67 % по сравнению со свинцовыми фартуками, что может способствовать безопасности во время интенсивной деятельности в промышленности.

Рентгеновское излучение имеет крайне негативное воздействие на здоровье работающих. Высокодозное радиоактивное излучение может быть смертельным, либо приводит к возникновению лучевой болезни. Хроническое низкодозное облучение

может приводить к развитию опухолей (прежде всего костей и молочных желез), нарушению репродуктивной функции, развитию катаракты [6].

Более подробно о причинении вреда здоровью работника представлено в работе [7]. Рентгеновское излучение может вызвать серьезные проблемы со здоровьем, такие как рак, болезни сердца, катаракта, повреждение центральной нервной системы и другие острые лучевые синдромы. Проходя через определенный участок тела, рентгеновские излучения производят в тканях и клетках соответствующие изменения в зависимости от вида ткани и количества поглощенных ими лучей, то есть дозы [8].

Установлено, что воздействие рентгеновского излучения может оказывать неблагоприятное воздействие на репродуктивную функцию человека, которое зависит от дозы, продолжительности, интенсивности и частоты радиационного воздействия [9]. Радиоактивное поражение организма в основном опосредовано прямым или косвенным повреждением лучами клеточных биомолекул, таких как ДНК, липиды и белки [10]. Рентгеновское излучение во время беременности может вызвать остановку развития эмбриона, деформацию и даже выкидыш [11].

Также имеются сведения, что многие органы и системы подвергаются возрастающему риску заболеваний в результате рентгеновского излучения, включая гематологическую систему, центральную нервную систему, сердце, легкие, щитовидную железу, молочную железу и кожа [12-13].

Таким образом, воздействие рентгеновского излучения и его последствия оказывают существенное негативное влияние на здоровье работника, поэтому исследования в данной области являются весьма актуальными.

При производстве титановых слитков используют технологии электронно-лучевой плавки. Электронно-лучевая плавка связана с применением в качестве независимого источника нагрева электронного луча и затвердеванием металла в проходном кристаллизаторе с постепенным вытягиванием слитка. Если электронно-лучевая печь повреждена или неправильно настроена, это может привести к утечкам излучения, включая рентгеновское излучение, что может быть опасно для здоровья.

Целью данной статьи является исследование условий труда при производстве титановых слитков и осуществление выбора средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ) для плавильщика электронно-лучевой плавки.

*Материалы и методы исследования.* Авторами были изучены условия труда на одном из предприятий в г. Усть-Каменогорск Восточно-Казахстанской области, которое занимается производством и выпуском титановых слитков и слябов методом электронно-лучевой плавки. Анализ опасностей и исследование условий труда работников проведены на основе изучения материалов аттестации производственного объекта по условия труда, а также научной и нормативно-технической документации в области промышленной безопасности.

*Результаты и их обсуждение.* На казахстанском предприятии для плавки титана применяется одна из самых мощных в мире электронно-лучевая печь 4800 EBCHF. Основными узлами печи являются электронно-лучевые пушки переменного тока высокого напряжения для нагрева и плавки входного сырья и двух неподвижных плавильных камер для формирования слитка желаемого размера и формы [14]. Электронно-лучевые пушки генерируют потенциально опасное рентгеновское

излучение. Мощность электронно-лучевых пушек составляет 800 кВт каждая. Смотровое окно плавильной камеры и крышки электронно-лучевой печи оснащаются:

- защитным стеклом от конденсата титана;
- жаропрочным стеклом;
- освинцованным стеклом для защиты от рентгеновского излучения;
- светофильтрующим стеклом для корректировки яркости;
- изолирующим клапаном, который позволяет производить чистку и замену стекол, не нарушая при этом вакуумную среду плавильной камеры.

Затвор изолирующего клапана изготавливается из нержавеющей стали для защиты от рентгеновского излучения.

Электронные пушки работают под фиксированным ускоряющим напряжением. Мощность регулируется в широких пределах. Ускоряющее напряжение выбирается таким образом, чтобы обеспечить оптимальное соотношение между фокусировкой и проникающей способностью электронного луча на рабочем участке и достаточную безопасность от рентгеновского излучения без дополнительных затрат.

При ударении электронов об материал образуются рентгеновские лучи. Интенсивность радиации зависит от атомного номера материала, ускоряющего напряжения и мощности луча. Правильно подобранная толщина стенки корпуса печи и всех присоединяемых компонентов, специальные принципы проектирования в деталях с использование свинцовых стекол для смотровых окон, обеспечивают безопасность при эксплуатации печи. При повреждениях или неисправности печи может произойти утечка излучения.

При работе электронно-лучевой печи характерны:

- вылет электронов с электронно-лучевых пушек электронно-лучевой печи 4800 EBCHF;
- ударение электронов об материал;
- выделение тепловой энергии на месте столкновения электронов в рабочем пространстве и внутри пушки электронно-лучевой печи;
- повышенные уровни напряженности электрических и магнитных полей.

Согласно требованиям промышленной безопасности [15] при эксплуатации электронно-лучевых печей должна обеспечиваться радиационная безопасность работников, а управление печью осуществляться с пульта управления. Должен проводиться постоянный мониторинга и контроль за работой печи Меры промышленной безопасности предусматриваются еще на стадии проектирования производственного объекта.

Работа производственного персонала при производстве титановых слитков сопровождается рядом опасных и вредных производственных факторов таких как:

- работа с диоксидом титана;
- применение в производстве высокотемпературных расплавов металлов;
- наличие в рабочей зоне движущихся частей станков и оборудования;
- транспортировка и перемещение грузов;
- производство работ на высоте (с лестниц, площадок, на крышах зданий и сооружений);
- электрический ток, являющийся основным видом энергии для большинства производственных процессов;

- эксплуатация сосудов и оборудования, работающих под высоким давлением жидкости или газа;

- применение пожароопасных веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, высокотоксичных красителей.

Все вышеуказанные факторы при определенных условиях (в аварийных ситуациях, нарушении технологии, производственного процесса или правил безопасности труда) могут привести к травмированию работников или к тяжелому заболеванию и даже к инвалидности.

При эксплуатации электронно-лучевых печей работники должны быть обеспечены правильно подобранными средствами индивидуальной защиты [16, 17]. Так, например, при работе с диоксидом титана работники должны избегать прямого контакта с продуктом, предотвращать образование пыли и применять средства индивидуальной защиты органов дыхания. В таблице 1 в качестве примера приведен перечень средств индивидуальной защиты для плавильщика электронно-лучевой плавки.

В таблице 1 представлен стандартный нормативный перечень набора СИЗ для плавильщика электронно-лучевой печи согласно межотраслевых типовых норм [16], а также согласно нового подхода [17] в соответствии с номенклатурой СИЗ, разработанной РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда» Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан [18]. Номенклатура средств индивидуальной защиты разработана в зависимости от негативных производственных факторов и степени их воздействия. Номенклатура средств индивидуальной защиты – это каталог или систематизированный перечень СИЗ, актуализированный европейскими нормами, унифицированный лучшими мировыми практиками в области обеспечения работников СИЗ, который определяет нормы и ассортимент необходимых в течении определенного срока использования их работодателем на предприятии, на основе оценки риска и применяемой практики [18].

С целью совершенствования профилактических и управленческих механизмов по улучшению условий труда плавильщиков, подверженных травмам и профессиональным заболеваниям необходимо осуществлять оценку обеспеченности СИЗ посредством проверки фактически выданных средств на соответствие их степеням профессиональных рисков.

Как видно из таблицы 1, в соответствии с номенклатурой СИЗ рекомендуется применить в качестве релевантной защиты от воздействия рентгеновского излучения шлем, защитные очки, фильтрующие маски и защитный костюм изолирующий [18, 19]. На исследуемом предприятии должна проводиться документационная и техническая проверка обеспеченности СИЗ, а также визуальный осмотр каждого защитного средства.

Таким образом, оценка обеспеченности СИЗ на основе риск-ориентированного подхода направлена на обеспечение эффективности, сочетаемости и дополняемости средств защиты.

Таблица 1 – Перечень средств индивидуальной защиты для плавильщика электронно-лучевой плавки

| Наименование профессии | СИЗ согласно типовым нормам | СИЗ согласно номенклатуре |
|---|---|---|
| Плавильщик электронно-лучевой плавки | Костюм из хлопчатобумажной ткани | 1. Шлем<br>2. Защитные очки<br>3. Фильтрующие маски<br>4. Защитный костюм изолирующий [19] |
| | Белье нательное | |
| | Перчатки из хлопчатобумажной ткани | |
| | Рукавицы суконные | |
| | Рукавицы комбинированные | |
| | Перчатки резиновые технические | |
| | Ботинки кожаные | |
| | Каска защитная | |
| | Очки защитные | |
| | Щиток НБТ | |
| | Вкладыши противошумные «Беруши» | |
| | Респиратор «Лепесток 200» | |
| | Респиратор фильтрующий РУ-60М | |
| | Куртка из хлопчатобумажной ткани утепленная | |
| | Валенки обрезиненные | |

*Заключение.* Данная статья посвящена изучению условий труда рабочих при производстве титановых слитков на примере одного из предприятий. В ходе технологического процесса работники подвержены воздействию опасных и вредных производственных факторов. В случае повреждения или неисправностей электронно-лучевой печи, неосторожных действий производственного персонала работники могут подвергнуться воздействию излучения, в том числе и рентгеновского. Согласно с номенклатурой СИЗ, разработанной РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда» Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан проведена оценка обеспеченности СИЗ работников исследуемого предприятия на основе риск-ориентированного подхода. По результатам оценки определено, что для плавильщика в качестве релевантной защиты от воздействия рентгеновского излучения рекомендуются шлем, защитные очки, фильтрующие маски и защитный костюм изолирующий.

Список литературы

1. Akman, F., Ogul H., Kaçal M. R., Polat H., Dilsiz K., Turhan M. F. Impact of Lead (II) Iodide on Radiation Shielding Properties of Polyester Composites // Appl. Phys. A Mater. Sci. Process. – 2020. – № 126. – P. 301–310.

2. Bijanu A., Arya R., Agrawal V., Tomar A.S., Gowri V. S., Sanghi S. K., Mishra D., Salammal S. T. Metal-Polymer Composites for Radiation Protection: A Review // J. Polym. Res. – 2021. – № 28 (10). – P.392.

3. Zeng C., Kang Q., Duan Z., Qin B., Feng, X., Lu H., Lin Y. Development of Polymer Composites in Radiation Shielding Applications: A Review // J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. – 2023. – № 33. – P. 2191-2239.

4. Mahalingam S., Kwon D.-S., Kang S.-G., Kim J. Multicomponent X-ray Shielding Using Sulfated Cerium Oxide and Bismuth Halide Composites // Molecules. – 2023. – № 28. – P. 6045.

5. Wang Y., Zhong R., Li Q., Liao J., Liu N., Joshi N.S., Shi B., Liao X., Guo J. Lightweight and Wearable X-Ray Shielding Material with Biological Structure for Low Secondary Radiation and Metabolic Saving Performance // Adv. Mater. Technol. – 2020. - № 5. – P.2000240.

6. Новицкий В. В., Гольдберг Е. Д., Уразова О. И. Патофизиология: учебник: в 2 т. 4-е изд., перераб. и доп. – ГЭОТАР-Медиаю, 2015. - Т. 2. – 640 с.

7. Zhekova-Maradzhieva Z., Velchovska B., Uzunov A., Ivanova E., Petrova D., Yordanova M., Valchev G. The Effect of X-ray Radiation on the Human Body - Pros and Cons. Radiation Protection in Medical Imaging and Radiotherapy // Scripta Scientifca Salutis Publicae. – 2016. – № 2(1). – P. 161-165.

8. Daguenet E., Louati S., Wozny A. S., Vial N., Gras M., Guy J. B., Vallard A., Rodriguez-Lafrasse C., Magne N. Radiation-induced bystander and abscopal effects: Important lessons from preclinical models // Br. J. Cancer. – 2020. – № 123. – P.339-348.

9. Kumar S., Sharma A., Kshetrimayum C. Environmental & occupational exposure & female reproductive dysfunction // Indian Journal of Medical Research. – 2019. – № 150(6). – P. 532-545.

10. Cakmak G., Severcan M., Zorlu F., Severcan F. Structural and functional damages of whole body ionizing radiation on rat brain homogenate membranes and protective effect of amifostine // Int. J. Radiat. Biol. – 2016. – № 92. – P.837–848.

11. Gross J.P., Kim S.Y., Gondi V., Pankuch M., Wagner S., Grover A., Luan Y., Woodruff T.K. Proton Radiotherapy to Preserve Fertility and Endocrine Function: A Translational Investigation // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2021. – 109. – P. 84-94.

12. Santivasi W. L., Xia F. Ionizing radiation-induced DNA damage, response, and repair // Antioxid. Redox Signal. – 2014. – № 21. – P. 251-259.

13. Chen Y., Cui J., Gong Y., Wei S., Wei Y., Yi L. MicroRNA: A novel implication for damage and protection against ionizing radiation // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2021. – № 28. – P. 15584-15596.

14. ТР-09-01-Р1 Технологический регламент. Производство титановых слитков в электронно-лучевой печи (модели 4800 тип ЕВСН), ТОО «ПОСУК Титаниум», 2021. – 63 с.

15. Об утверждении Правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов по производству расплавов черных, цветных, драгоценных металлов и сплавов на основе этих металлов. Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 346.

16. Приказ Министра здравоохранения и социального развития Республики Казахстан. Об утверждении норм выдачи специальной одежды и других средств индивидуальной защиты работникам организаций различных видов экономической деятельности: утв. 08 декабря 2015 года, № 943.

17. Абикенова Ш. К., Даумова Г. К., Немеренов Т. Т., Кульмагамбетова Э. А. Особенности выбора средств индивидуальной защиты при радиационном воздействии ионизирующего излучения // Наука и образование в гражданской защите. – 2023. – № 3(51). – С.12-22.

18. Свидетельство. Произведение науки. Номенклатура средств индивидуальной защиты в зависимости от вредных производственных факторов и степени их воздействия / Н.Б. Абдрахманова, Ш.К. Абикенова, Н.Г. Джумагулова, Э.А. Кульмагамбетова, Л.К. Жанкулова, А.Ө. Байкенов (Республика Казахстан); заявитель РГП на ПХВ «РНИИОТ МТСЗН РК». - № 28600; заявл. 28.06.22; опубл. 06.09.22. – 2 с.: ил.

19. ГОСТ 12.4.217-2001 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты от радиоактивных веществ и ионизирующих излучений. Требования и методы испытаний [Текст]. – Введ. 2003-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 22 с.: ил.; 29 см.

References

1. Akman, F., Ogul H., Kaçal M. R., Polat H., Dilsiz K., Turhan M. F. Impact of Lead (II) Iodide on Radiation Shielding Properties of Polyester Composites // Appl. Phys. A Mater. Sci. Process. – 2020. – № 126. – P. 301-310.

2. Bijanu A., Arya R., Agrawal V., Tomar A. S., Gowri V. S., Sanghi S. K., Mishra D., Salammal S. T. Metal-Polymer Composites for Radiation Protection: A Review // J. Polym. Res. – 2021. – № 28 (10). – P.392.

3. Zeng C., Kang Q., Duan Z., Qin B., Feng, X., Lu H., Lin Y. Development of Polymer Composites in Radiation Shielding Applications: A Review // J. Inorg. Organomet. Polym. Mater. – 2023. – № 33. – P. 2191-2239.

4. Mahalingam S., Kwon D.-S., Kang S.-G., Kim J. Multicomponent X-ray Shielding Using Sulfated Cerium Oxide and Bismuth Halide Composites // Molecules. – 2023. – № 28. – P. 6045.

5.Wang Y., Zhong R., Li Q., Liao J., Liu N., Joshi N.S., Shi B., Liao X., Guo J. Lightweight and Wearable X-Ray Shielding Material with Biological Structure for Low Secondary Radiation and Metabolic Saving Performance // Adv. Mater. Technol. – 2020. – № 5. – P.2000240.

6. Novickij V. V., Gol'dberg E. D., Urazova O. I. Patofiziologiya: uchebnik: v 2 t. - 4-e izd., pererab. i dop. – GEOTAR-Mediayu, 2015. - T. 2. – 640 s.

7. Zhekova-Maradzhieva Z., Velchovska B., Uzunov A., Ivanova E., Petrova D., Yordanova M., Valchev G. The Effect of X-ray Radiation on the Human Body - Pros and Cons. Radiation Protection in Medical Imaging and Radiotherapy // Scripta Scientifca Salutis Publicae. – 2016. – № 2(1). – P. 161-165.

8. Daguenet E., Louati S., Wozny A.S., Vial N., Gras M., Guy J.B., Vallard A., Rodriguez-Lafrasse C., Magne N. Radiation-induced bystander and abscopal effects: Important lessons from preclinical models // Br. J. Cancer. – 2020. – № 123. – P.339–348

9. Kumar S., Sharma A., Kshetrimayum C. Environmental & occupational exposure & female reproductive dysfunction // Indian Journal of Medical Research. – 2019. – № 150(6). – P. 532-545.

10. Cakmak G., Severcan M., Zorlu F., Severcan F. Structural and functional damages of whole body ionizing radiation on rat brain homogenate membranes and protective effect of amifostine // Int. J. Radiat. Biol. – 2016. – № 92. – P.837-848.

11. Gross J.P., Kim S.Y., Gondi V., Pankuch M., Wagner S., Grover A., Luan Y., Woodruff T.K. Proton Radiotherapy to Preserve Fertility and Endocrine Function: A Translational Investigation // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2021. – 109. – P. 84-94.

12. Santivasi W.L., Xia F. Ionizing radiation-induced DNA damage, response, and repair // Antioxid. Redox Signal. – 2014. – № 21. – P. 251–259.

13. Chen Y., Cui J., Gong Y., Wei S., Wei Y., Yi L. MicroRNA: A novel implication for damage and protection against ionizing radiation // Environ. Sci. Pollut. Res. Int. – 2021. – № 28. – P. 15584-15596.

14. TR-09-01-R1 Tekhnologicheskij reglament. Proizvodstvo titanovykh slitkov v ehlektronno-luchevoj pechi (modeli 4800 tip EBCH), TOO «POSUK Titanium», 2021. – 63 c.

15. Ob utverzhdenii Pravil obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti dlya opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov po proizvodstvu rasplavov chernykh, tsvetnykh, dragotsennykh metallov i splavov na osnove ehtikh metallov. Prikaz Ministra po investitsiyam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan ot 30 dekabrya 2014 goda № 346.

16. Ob utverzhdenii norm vydachi spetsial'noj odezhdy i drugikh sredstv individual'noj zashhity rabotnikam organizatsij razlichnykh vidov ehkonomicheskoj deyatel'nosti. Prikaz Ministra zdravookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya Respubliki Kazakhstan ot 08 dekabrya 2015 № 943.

17. Abikenova SH. K., Daumova G. K., Nemerenov T. T., Kul'magambetova EH. A. Osobennosti vybora sredstv individual'noj zashhity pri radiatsionnom vozdejstvii ioniziruyushhego izlucheniya // Nauka i obrazovanie v Grazhdanskoj zashhite. – 2023. – № 3(51). – S.12-22.

18. Svidetel'stvo. Proizvedenie nauki. Nomenklatura sredstv individual'noj zashhity v zavisimosti ot vrednykh proizvodstvennykh faktorov i stepeni ikh vozdejstviya / N. B. Abdrakhmanova, SH. K. Abikenova, N. G. Dzhumagulova, EH. A. Kul'magambetova, L. K. ZHankulova, A. Ө. Bajkenov (Respublika Kazakhstan); zayavitel' RGP na PKHV «RNIIOT MTSZN RK». – № 28600; zayavl. 28.06.22; opubl. 06.09.22. – 2 s.: il.

19. GOST 12.4.217-2001 Sistema standartov bezopasnosti truda. Sredstva individual'noj zashhity ot radioaktivnykh veshhestv i ioniziruyushhikh izluchenij. Trebovaniya i metody ispytanij [Tekst]. – Vved. 2003-01-01. – M.: Izd-vo standartov, 2002. – 22 s.: il.; 29 sm.

Г. К. Даумова[1], А. Б. Бекмагамбетов[2], Г. С. Саттарова[3], Э. А. Кульмагамбетова[2]

*[1]«Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ, Өскемен, Қазақстан*

*[2]«Қазақстан Республикасы Еңбек және халықты әлеуметтік қорғау министрлігінің Еңбекті қорғау жөніндегі республикалық ғылыми-зерттеу институты» ШЖҚ РМК, Астана, Қазақстан*

*[3]Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті КЕАҚ, Қарағанды, Қазақстан*

## РЕНТГЕН СӘУЛЕЛЕРІНІҢ ӘСЕРІ ЖӘНЕ ТИТАН ҚҰЙМАЛАРЫН ӨНДІРУДЕГІ ЕҢБЕК ЖАҒДАЙЛАРЫ

*Аңдатпа.* Мақалада рентген сәулесінің жұмысшылардың ағзасына әсері талданады. Заманауи радиациялық-қорғау материалдары мәселелері бойынша ғылыми әдебиеттерге талдау жүргізілді. Титан құймаларын өндіруде жұмысшы персоналға әсер ететін қауіпті және зиянды өндірістік факторлар анықталды. Салааралық нормаларға сәйкес қолданыстағы тәсілді және номенклатураны қолдануға негізделген жаңа тәуекелге бағдарланған тәсілді пайдалана отырып, жеке қорғаныс құралдарын таңдау жүргізілді. Балқытушылардың еңбек жағдайларын жақсарту үшін рентген сәулесінің әсерінен тиісті қорғаныс ретінде шлем, қорғаныс көзілдірігі, сүзгі маскалары, оқшаулағыш қорғаныс костюмін қолдану ұсынылады.

Мақалада «Еңбек жағдайлары және кәсіптік тәуекелдер: «жасыл экономикаға» көшу аясында топтастырудың жіктелуі, категориялары мен критерийлері» (BR22182667 ЖРН) тақырыбында ғылыми-техникалық бағдарламаны іске асыру барысында алынған ғылыми зерттеулердің нәтижелері ұсынылған.

*Түйінді сөздер:* рентген сәулесі, электронды-сәулелік пеш, қауіпті және зиянды өндірістік факторлар, балқытушы, еңбек жағдайлары, жеке қорғаныс құралдары.

G. K. Daumova[1], A. B. Bekmagambetov[2], G. S. Sattarova[3], E. A. Kulmagambetova[2]

*[1]NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University», Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan*

*[2]RSE on REU «Republican Research Institute of Occupational Safety and Health under the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan», Astana, Kazakhstan*

*[3]Abylkas Saginov Karaganda Technical University NJSC, Karaganda, Kazakhstan*

## IMPACT OF X-RAY RADIATION AND WORKING CONDITIONS ON THE PRODUCTION OF TITANIUM INGOTS

*Abstract.* The article analyzes the influence of X-ray radiation on the human body. An analysis of scientific literature on issues of modern radiation protective materials has been conducted. Hazardous and harmful production factors affecting personnel in the production of

titanium ingots have been identified. The selection of personal protective equipment has been carried out using both the current approach according to industry standards and a new risk-oriented approach based on the application of a nomenclature. To improve the working conditions of smelters, it is recommended to use helmets, protective goggles, filtering masks, and isolating protective suits as relevant protection against X-ray radiation exposure. The article presents the results of scientific research obtained during the implementation of the scientific and technical program on the topic «Working conditions and professional risks: classification, categories, and grouping criteria within the transition to a 'green economy» (IRN BR22182667).

*Keywords*: X-ray radiation, electron beam furnace, hazardous and harmful production factors, smelter, working conditions, personal protective equipment.

**Сведения об авторах / Information about the authors**

*Даумова Гульжан Камалбеккызы* – кандидат технических наук, профессор НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева». Казахстан, Усть-Каменогорск, улица Серикбаева, 19. E-mail: Gulzhan.daumova@mail.ru

*Бекмагамбетов Алимжан Бауыржанович* – кандидат юридических наук, заместитель генерального директора по научной работе РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда» Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан. Казахстан, Астана, улица Кравцова, 18. E-mail: adilet1979@mail.ru

*Саттарова Гульмира Сапаровна* – кандидат технических наук, доцент НАО Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова. Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56. E-mail: sattarovags@mail.ru

*Кульмагамбетова Эльмира Амангельдиевна* – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник отдела биомониторинга и гигиены труда РГП на ПХВ «Республиканский научно-исследовательский институт по охране труда» Министерства труда и социальной защиты населения Республики Казахстан. Казахстан, Астана, улица Кравцова, 18. E-mail: elya_kulmagambet@mail.ru

*Gulzhan K. Daumova* – Candidate of Technical Sciences, Professor of the NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University». 19 Serikbayev Street, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan. E-mail: Gulzhan.daumova@mail.ru

*Alimzhan B. Bekmagambetov* – Candidate of Law, Deputy Director General for Scientific Work of the Republican Research Institute of Occupational Safety and Health under the MLSPP of the Republic of Kazakhstan. 18 Kravtsov Street, Astana, Kazakhstan. E-mail: adilet1979@mail.ru

*Gulmira S. Sattarova* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Abylkas Saginov Karaganda Technical University NJSC. 56 N. Nazarbayev Avenue, Karaganda, Kazakhstan. E-mail: sattarovags@mail.ru

*Elmira A. Kulmagambetova* – Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher of the Biomonitoring and Occupational Hygiene Department of the Republican Research Institute of Occupational Safety and Health under the MLSPP of the Republic of Kazakhstan. 18 Kravtsov Street, Astana, Kazakhstan. E-mail: elya_kulmagambet@mail.ru