

фиолетового кристалла (около 405 нм) в подостром и субхроническом эксперименте отмечены более низкие значения суммационно-порогового показателя, чем у животных, содержащихся в условиях экспозиции светодиодными источниками света I типа и II типа с КЦТ: 4000 К (средняя) и 5700 К (холодная). В наших исследованиях, после выполненной статистической обработки результатов исследований способности лабораторных крыс к суммации подпороговых импульсов, отличий ( $p < 0,05$ ) в значениях суммационно-порогового показателя между контрольной и экспериментальными группами как после 28-суточной, так и после 90-суточной световой экспозиции выявлено не было.

Полученные в результате исследований данные подтверждают наблюдения ряда авторов, показавших отсутствие различий на статистически значимом уровне в реакции зрительного анализатора на выполняемую зрительную работу различной точности в условиях световой среды, сформированной светодиодными источниками света I и II типов [4, 5]. Формирование устойчивых морфофункциональных связей структур зрительного анализатора как с корковыми отделами центральной нервной системы, так и с гипоталамо-гипофизарной системой у высших животных обеспечивает возможность синхронизации активности эндогенных регуляторных систем с факторами окружающей среды. Изменение спектрального состава актуальной световой среды может обладать триггерным эффектом для целого ряда перестроек в активности нервной, эндокринной и иммунной регуляторных систем. Такие изменения, вовлекая в перестройку значительные ресурсы организма, могут рассматриваться как стрессовый фактор и оцениваться как неблагоприятные. С другой стороны, отсутствие значимых отличий в реакциях организма на внешний стимул, в условиях воздействия световой среды, сформированной искусственными источниками света разной цветовой температуры и основанной на излучении кристаллов с разной длиной волны, можно рассматривать как благоприятный признак при оценке световой среды с позиций безопасности или безвредности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство моделирования световой среды : пат. ВУ 12250 U / А. Ю. Баслык, В. А. Коноплянко, Е. К. Влащенко, С. Л. Итпаева-Людчик, Ю. В. Трофимов, С. И. Лишик, В. И. Цвирко, А. Е. Челябин. – Оpubл. 28.02.2020.
2. Экспериментальная установка для исследования влияния освещения на лабораторных животных / А. Ю. Баслык [и др.] // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем : междунар. науч. конф. ; Тринадцатый съезд Белорус. обществ. об-ния фотобиологов и биофизиков : тез. докл., Минск, Беларусь, 27–29 июня 2018 г. / редкол.: И. Д. Вологовский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2018. – С. 102.
3. Сперанский, С. В. О преимуществах использования нарастающего тока при исследовании способности белых мышей к суммации подпороговых импульсов / С. В. Сперанский // Фармакология и токсикология. – 1965. – № 1. – С. 123–124.
4. Салаев, И. А. Влияние спектрального состава излучения светодиодов первого и второго поколений на состояние органа зрения / И. А. Салаев, С. Н. Агеев, О. Е. Железникова // XLIX Огарёвские чтения : материалы научной конференции, Саранск, 07–13 дек. 2020 г. : в 3 ч. – Саранск : Нац. исслед. Мордов. гос. ун-т им. Н. П. Огарёва, 2021. – С. 426–433.
5. Проничкина, С. Е. К вопросу об оценке зрительной работоспособности при освещении производственных помещений светодиодами второго поколения / С. Е. Проничкина, Л. В. Сеницына, О. Е. Железникова // Материалы XXIII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва, Саранск, 21–28 мая 2019 г. : в 3-х ч. / Сост.: А. В. Столяров ; отв. за вып. П. В. Сенин. – Саранск : Нац. исслед. Мордов. гос. ун-т им. Н. П. Огарёва, 2019. – С. 219–223.

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАДИОЭКОЛОГИИ

### ON THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGY IN RADIOECOLOGY

**А. Г. Зарифьян, Е. М. Бебинов, С. Г. Самоцветов, В. А. Вейберов, Д. Е. Буш**  
**A. G. Zarifian, E. M. Bebinov, S. G. Samotsvetov, V. A. Veyberov, D. E. Bush**

*Кыргызско-Российский Славянский университет имени Б. Н. Ельцина  
Бишкек, Кыргызская Республика  
samotsvetov-sg@yandex.com  
Kyrgyz-Russian Slavic University B.N. Yeltsin  
Bishkek, Kyrgyz Republic*

Для оценки факторов риска радиационного воздействия разработан и изготовлен гамма-спектрометр самостоятельно и без существенных вложений. В качестве анализатора импульсов использован персональный компьютер с установленной специальной прикладной программой, предварительный усилитель-формирователь выполнен по оригинальной схеме с низким уровнем шума.

To evaluate the risk factors for the radiation impact, a gamma spectrometer was developed and made independently and without significant investments. As a pulse analyzer, a personal computer was used with an installed special application program, the preliminary amplifier-former is made according to the original scheme with a low level of noise.

*Ключевые слова:* гамма-спектрометрия, радиоэкология, анализатор импульсов, Кыргызстан, Каражира.

*Keywords:* gamma spectrometry, radioecology, impulse analyzer, Kyrgyzstan, Karazhira.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-143-147>

**Актуальность.** Сегодня актуальность радиоэкологических проблем определяется их повсеместным обострением как на глобальном, так и на региональном и местном уровнях. Военные действия на Украине, где на полную мощность работают атомные электростанции, где существует вероятность применения тактического ядерного оружия и где планируется использование конвенционального оружия с урановой броней и снарядами с обедненным ураном, представляют серьезные риски для мировой житнице продовольствия.

Радиоэкологические проблемы актуальны для Кыргызстана по ряду других причин. Например известно, что на его территории находится много хвостохранилищ радиоактивных отходов еще советского комплекса атомного проекта. Одно из крупнейших хвостохранилищ находится в густонаселенном районе Чуйской области вблизи г. Кара-Балта. Кроме того, в столице Кыргызстана г. Бишкек местная теплоэлектроцентраль (ТЭЦ), крупнейшая в республике, до сих пор работает на угле. Уголь вреден сам по себе, но на это накладываются скандалы с ввозом из Казахстана радиоактивного угля, например партии радиоактивного угля в 8,5 тыс. т. в 2011 г., уровень гамма-излучения от которого в 9 раз превышал естественный фон. Возможной причиной этого является тот факт, что уголь для ТЭЦ привозится из Казахстана с месторождения Каражира, которое находится на территории бывшего семипалатинского ядерного полигона. По информации из интернета этот уголь кроме естественной радиоактивности содержит долгоживущие радиоактивные продукты ядерных взрывов изотопы Cs137 Sr90 Pt239 Pt240 Am241.

Известно, что компания Кыргызкомур получила лицензию на разработку угольного месторождения Мин-Куш, где ранее добывался уран как из руды, так и из золы после сжигания угля. Использование столь радиоактивного угля для работы бишкекской ТЭЦ, что планируется в будущем, серьезный риск радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Нельзя сбрасывать со счетов и то, что в связи с рыночной глобализацией в Кыргызстан могут импортироваться товары из зон радиоактивного загрязнения от крупнейших ядерных аварий в Чернобыле и Фукусиме.

Для осуществления мониторинга радиационной обстановки требуется прецизионная спектрометрическая аппаратура. Контроль с помощью простых полевых радиометров является слишком грубым и недостаточным. Однако высокая стоимость готового фирменного спектрометра делает крайне затруднительным его приобретение.

**Целью** настоящего сообщения является описание аппаратно-методического комплекса для прецизионной гамма-спектрометрии разработанного и изготовленного своими руками и без каких-либо затрат.

**Методы исследований.** Наиболее подходящим для решения данной задачи является использование в качестве накопителя спектров персонального компьютера с установленной на нем специальной прикладной программы. Такое решение позволяет во время набора спектра контролировать процесс на экране монитора с нормальным размером и подробностями. Кроме того, позволяет контролировать ряд параметров процесса – время набора, среднюю скорость, общее количество импульсов и т.д. Благодаря этому появляется возможность наблюдать форму импульсов с детектора и уровень радиопомех. После набора гамма-спектр может быть преобразован в компьютерный файл с возможностью хранения в базе данных на любом компьютерном носителе, распечатан на принтере в виде рисунка. Также появляется возможность математической обработки этих спектров с помощью персонального компьютера. Например, сглаживание спектров многополосным эквалайзером, компенсированного разрешения (Resolution compensation), гауссова деконволюция (Gaussian deconvolution) и др.

Поскольку алгоритм определения амплитуды импульса в данном случае отличается от классического, где ее фиксирует пиковый детектор, то точность определения зависит от детальности оцифровки формы импульса. Физический драйвер звуковой карты, куда подаются импульсы с детектора, в нашем случае имеет максимальную паспортную частоту дискретизации 192 kHz с разрядностью 24 бита, но вполне нормально работает и на частоте 384 kHz. Это позволяет максимально точно определить амплитуду импульса математическими вычислениями. На рис. 1 показан импульс от детектора, где точками отмечена дискретизация его формы. Как видно, хорошо прописаны передний фронт и вершина импульса.

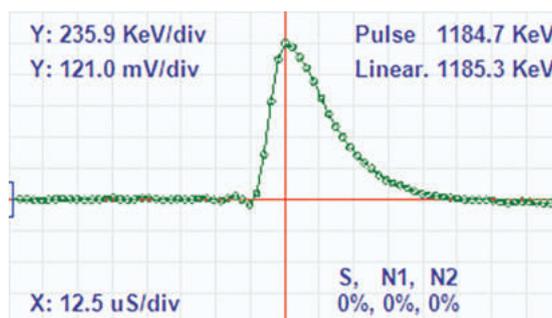


Рисунок 1 – Форма импульса от детектора

Для детектирования гамма-квантов в обоих случаях использовался NaJ (Tl) размером 40x40 мм, собранный в едином блоке с фотоэлектронным умножителем (ФЭУ). Импульсы с анода ФЭУ подавались на вход зарядово-чувствительного усилителя (ЗЧУ), с выхода которого они поступали на формирователь и далее на вход персонального компьютера. Для обеспечения хороших шумовых характеристик ЗЧУ был изготовлен самостоятельно по оригинальной схеме с использованием во входном каскаде малошумящего полевого транзистора КП307 [1]. Далее импульсы поступали на формирователь, который представляет собой фильтр низких частот второго порядка, состоящий из двух последовательно соединенных интегрирующих RC цепей. Это позволяет сделать более пологим фронт импульса и скруглить вершину.

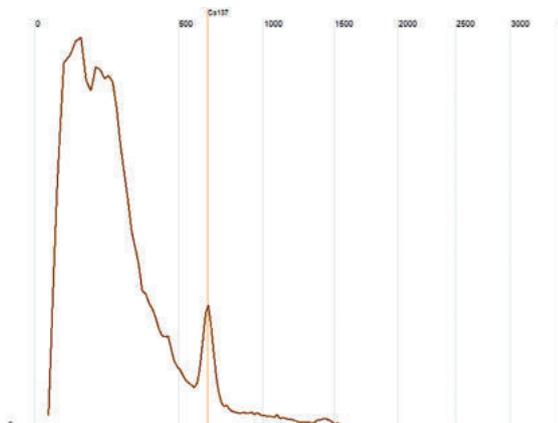


Рисунок 2 – Спектр лечебных трав

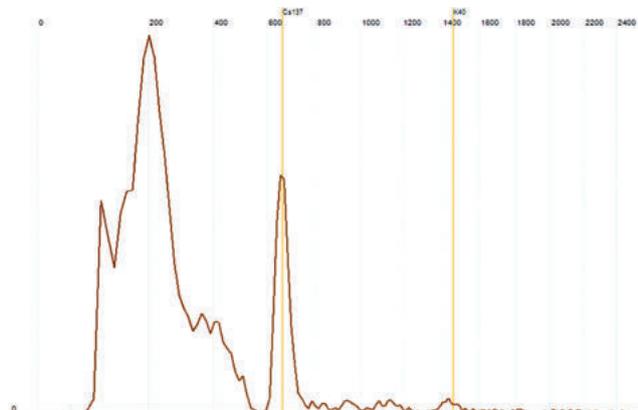


Рисунок 3 – Обработка Resolution compensation

**Результаты и обсуждение.** В качестве иллюстрации работы собранного на основе персонального компьютера гамма- спектрометра на рисунке рис. 2 приведен спектр цезий-137. Источником его является упаковка лечебных трав, купленная в городской аптеке еще в конце 80-х годов прошлого столетия в СССР. За прошедшие 30 с небольшим лет интенсивность пика цезий-137 снизилась в 2 раза, но и до сих пор является неприемлемо высокой. Произведена данная упаковка была на литовской фармацевтической фабрике. Но такой же лекарственный сбор, произведенный в РСФСР, имел те же параметры радиоактивного загрязнения, то есть грязное сырье курсировало по всему СССР. Сейчас качество радиационного контроля вряд ли улучшилось.

На этом спектре можно также проиллюстрировать возможности математической обработки, например по алгоритму Resolution compensation. На рис. 3 видно, что заметно уменьшается экспоненциальная составляющая спектра и выделяются пики.

Еще один гамма- спектр, относящийся уже к нашему времени и представлен на рисунке рис. 4. Это образец золы от сжигания угля скандально известного месторождения Каражира. Пик от естественной радиоактивности имеет место, но это не столь катастрофично как можно было ожидать. На первый взгляд отсутствие пика Cs137 не позволяет говорить о наличии в угле радиоактивных загрязнений от последствий ядерных взрывов на полигоне. Однако картина меняется, если применить компьютерную обработку спектра по алгоритму Resolution compensation рис

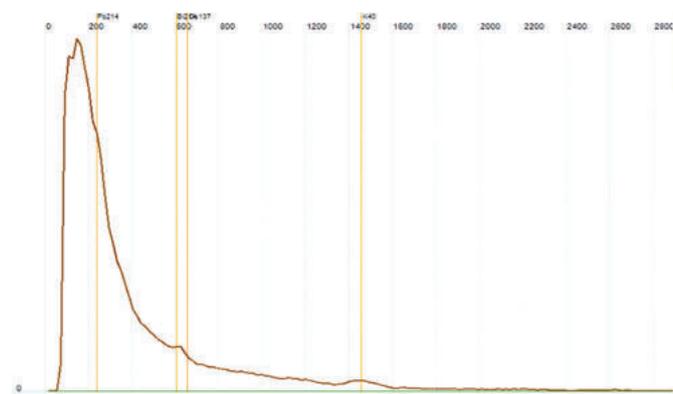


Рисунок 4 – Каражира спектр золы

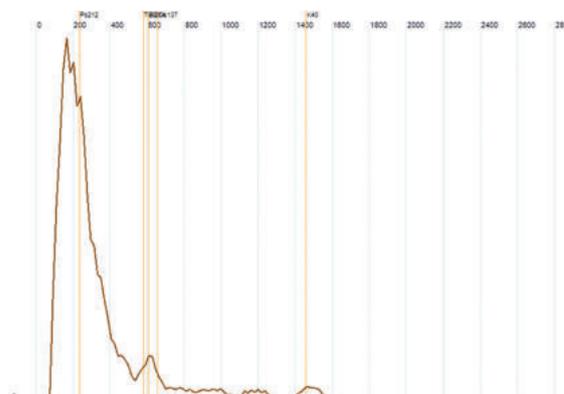


Рисунок 5 – Каражира обработка по алгоритму Resolution compensation

На рис. 5 видно, что форма пика естественной радиоактивности 609 КэВ имеет явные признаки мультиплета. А наличием в спектре Tl208 по причине присутствия в угле Th232 можно объяснить искажение формы линии заднего фронта пика. Искажение переднего фронта пика можно объяснить присутствием в мультиплете пика Cs137 от загрязнений ядерного полигона. Подробная расшифровка мультиплета в рамках простой иллюстрации нами не проводилась.

Следующим в иллюстрации на рис 6 представлен спектр золы угля с месторождения Кара-Кече Нарынской области, расположенного рядом с урановым и угольным месторождениями Мин-Куш.

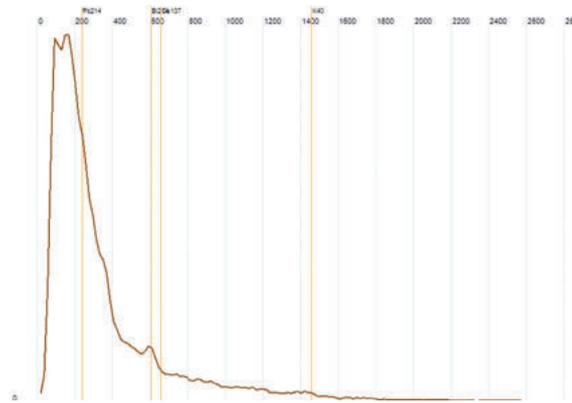


Рисунок 6 – Кара-Кече спектр золы

Как и следовало ожидать спектр после обработки по алгоритму Resolution compensation на рис содержит только урановые изотопы Pb214 и Bi214, причем урана в разы больше, чем в угле Каражира. Это хорошо видно на рис. 7 и рис. 8. Такое высокое содержание урана в угле может привести к тому, что он выйдет за пределы нормативов применения не только для населения, но и для промышленных производств. Стоит отметить, что проведенная экотехинспекцией в Бишкеке государственная экспертиза этих двух углей с помощью простого полевого дозиметра [2] не может учесть приведенных выше нюансов и то, что подобные экспертизы в Москве Роспотребнадзор проводит с помощью еще более точного, чем сцинтиляционный, полупроводникового гамма-спектрометра ОЧГ (особо чистый германий).

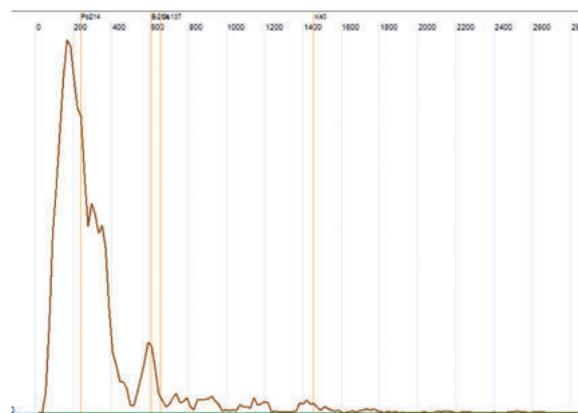


Рисунок 7 – Кара-Кече обработка по алгоритму Resolution compensation

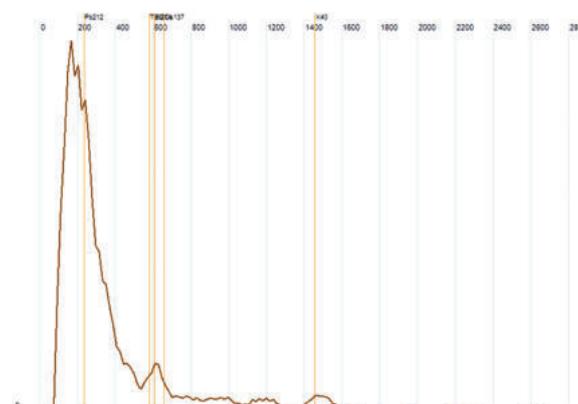


Рисунок 8 – Каражира обработка по алгоритму Resolution compensation

Это лишь три примера, которые подтверждают актуальность радиационного контроля. При подробном исследовании этого вопроса, вероятно, выявятся и другие, возможно более значимые. Тем более, что реализация измерительного комплекса, как показано в данной работе, не составляет значительной проблемы при использовании современной компьютерной техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Заключительный отчет НИР, книга № 2, 1985, 92 с., (фонды ИФ АН Кирг.ССР)
2. Превышен ли радиационный фон потребляемого в Бишкеке угля — вывод инспекции [Электронный ресурс]. – <https://www.today.kg/news/410267/?hl=ru&ysclid=le7buw1tyu909763978> (дата обращения 8.02.2023).

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

### EPIDEMIOLOGICAL ANALYSIS OF THE PREVALENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

*О. В. Ковтунова<sup>1,2</sup>, И. В. Пухтеева<sup>1,2</sup>*

*O. V. Kovtunova, I. V. Puhteeva*

*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ г. Минск, Республика Беларусь*

*<sup>1</sup>Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus*

*<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU  
Minsk, Republic of Belarus  
olyacat2612@gmail.com*

Одни из самых распространенных заболеваний, которые часто обнаруживаются при диспансеризации населения, являются злокачественные новообразования. В работе при анализе общей заболеваемости населения злокачественными новообразованиями за 2012–2019 год отмечается повышение заболеваемости на 33 %, а первичной заболеваемости – на 25,6 %. При сравнении заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского и женского населения можно сделать вывод, что прирост заболеваемости среди мужчин несколько выше, чем среди женщин.

One of the most common diseases that are often detected during the medical examination of the population is malignant neoplasms. In the analysis of the total incidence of the population with malignant neoplasms for 2012–2019, there is an increase in the incidence by 33 %, and the primary morbidity by 25.6 %. When comparing the incidence of malignant neoplasms of the male and female population, it can be concluded that the increase in the incidence among men is slightly higher than among women.

*Ключевые слова:* общая заболеваемость, первичная заболеваемость, смертность, злокачественные новообразования.

*Keywords:* general morbidity, primary morbidity, mortality, malignant neoplasms.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-147-150>

Диспансеризация – это активное динамическое наблюдение за состоянием здоровья населения, включающее комплекс профилактических, диагностических и лечебно-оздоровительных мероприятий [1].

Одними из самых распространенных заболеваний, которые часто обнаруживаются при диспансеризации населения, являются злокачественные новообразования.

Злокачественное новообразование — заболевание, характеризующееся появлением бесконтрольно делящихся клеток, способных к инвазии в прилежащие ткани и метастазированию в отдалённые органы. Болезнь связана с нарушением пролиферации и дифференцировки клеток вследствие генетических нарушений [2].

Злокачественные опухоли возникают в результате злокачественной трансформации (малигнизации) нормальных клеток, которые начинают бесконтрольно размножаться, теряя способность к апоптозу. Злокачественная трансформация вызывается одной или несколькими мутациями, заставляющими клетки неограниченно делиться и нарушающими механизмы апоптоза. Если иммунная система организма не распознаёт вовремя такую трансформацию, опухоль начинает разрастаться и со временем метастазирует. Метастазы могут образовываться во всех без исключения органах и тканях. Наиболее часто метастазы образуются в костях, печени, мозге и лёгких [4].

Существует множество видов злокачественных опухолей, которые классифицируются в зависимости от органа, в котором появилась первичная опухоль, типа клеток, которые претерпевают злокачественную трансформацию, а также клинических симптомов, наблюдаемых у пациента. Область медицины, занимающаяся изучением и лечением злокачественных опухолей, называется онкологией [3].