

оптоволоконными датчиками, которые в дальнейшем помещались в наиболее информативные и важные точки, расположенные в опухоли и нормальной ткани.

Разработанные тканеквивалентные фантомы являются статичными и в них отсутствуют механизмы регулирования температуры. При отсутствии кровотока температура ткани постоянно увеличивается со временем. Это связано с тем, что в данной модели ткани отсутствует единственный механизм потери тепла – кровоток [3]. При наличии кровотока температура ткани не увеличивается постоянно, но стремится к постоянному значению в большом промежутке времени. Это предельное значение зависит как от подводимой теплоты, так и от кровотока. В данной работе значения прироста температуры с учетом влияния потока крови на уровень нагрева были оценены на основе экспериментальных данных, измеренных для статичных фантомов путем пересчета по формуле, полученной из классического биотеплового уравнения Гарри Пеннеса [4]. Было определено, что при проведении сеансов локальной гипертермии достигается терапевтическая температура, при которой наблюдается сенсбилизация опухоли к лучевой терапии. Область нормальных тканей при этом нагревается в пределах нормы и не превышает допустимого уровня.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-10014).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bruggmoser G. et al. Guideline for the clinical application, documentation and analysis of clinical studies for regional deep hyperthermia // *Strahlentherapie und Onkologie*, 2012. – V. 188. – №. 2. – P. 198-211.
2. Чойнзонов Е.Л. и др. Измерение температурного поля в фантоме головного мозга с имитацией глиобластомы при транскраниальной высокочастотной гипертермии // *Медицинская техника*, 2017. – №. 5. – С. 34-37.
3. Gabriel S., Lau R.W., Gabriel C. The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues // *Physics in Medicine & Biology*, 1996. – V. 41. – №. 11. – P. 2271.
4. Szasz O., Szasz A. Heating, efficacy and dose of local hyperthermia // *Open Journal of Biophysics*, 2016. – V. 6. – №. 1. – P. 10-18.

DEVELOPMENT OF THE STATISTICAL METHODS FOR X-RAY DETECTOR CHARACTERIZATION TO USE IN CT

Filatov N.A., Gogolev A.S., Chistyakov S.G., Alekseev N.V.

Scientific adviser: Gogolev A.S.

Tomsk Polytechnic University, Lenin Avenue 30, 634050 Tomsk

E-mail: filatovna@tpu.ru

To design an X-ray tomographic system, the most important thing is to select devices, which are best suited to particular task that may vary depending on the sample type, required spatial resolution, components contrast and ROI of the samples. In general, by only using specification of the device it's difficult to archive all the information which is needed to make optimal choice, thus, developing of methods that could give more complete information about devices in context of a particular task, might be actual. In the current work, we offer methods for X-ray detectors characterization based on statistics analysis. The following parameters are considered: crosstalk, quantum efficiency, single pixel deviation, matrix pixels heterogeneity.

As is known, when an X-ray photon interacts with scintillator, the result light pulses are formed not only at interacted pixel, but neighbors elements are affected too, as well as charge is distributed for direct conversation detectors. This effect, which is called as crosstalk, degrades spatial resolution and depends on scintillation layer thickness, pixel size, technical designing of the detector. Since the signal in neighbor elements is repeated for crosstalk degree, the SNR for those pixels partially must not be increased. By calculating of SNR shortage between all pixels, it's became possible to get crosstalk degree, which is used in this work.

The general impact on single pixel comes from detector quantum efficiency, which depends on incident spectrum and can be calculated as follows:

$$DQE = \frac{SNR_{incident}^2}{SNR_{detected}^2}$$

where $SNR_{incident}$ and $SNR_{detected}$ are relation for incident and detected spectra integrals respectively. However, there is detector internal noise, that increases single pixel deviation, then the complete equation takes the form:

$$SNR = \frac{S}{\sqrt{\sigma_R^2 + S}}$$

where S – the detector signal and σ_R – the deviation which is formed by the detector internal noise.

In an attempt to get uniformity response for detector pixels one can use flat-field correction filter [1]. However, the more incident spectrum differs from that which was obtained at flat-field filter calibration, the more pixel heterogeneity appears. As opposed to single pixel deviation, pixel heterogeneity is not affected by averaging. In the current work, we offer to obtain a lot of frames for spectra which are close to real conditions in order to separate single pixel deviation from matrix pixels heterogeneity.

By using the developed method the detectors Ximea CCD OnSemi KAI-11002(16000) 11 MPix, Ximea sCMOS Gpixel GSENSE5130 15 Mpix, Shad-o-Box 3K HS are tested. Recently released Ximea on sCMOS sensor shows best result for crosstalk – 12 % against 45% and 60% for Ximea on CCD and Shad-o-Box 3K HS respectively, but worst result for matrix pixels heterogeneity for hardened spectra, which makes it difficult to use it for density samples.

REFERENCES

1. So E. Park, Jaegon Kim, Mohamed Hegazy, Min H. Cho, Soo Y. Lee. A Flat-Field Correction Method for Photon-Counting-Detector-based Micro-CT: *Proc SPIE*, Volume 9033, 90335N.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОТОКЕ НЕФТИ

Чистяков С.Г., Филатов Н.А., Гоголев А.С., Алексеев Н.В.

Научный руководитель: Гоголев А.С., к.ф.м.н.

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: csg@tpu.ru

Хлорорганические соединения, присутствующие в нефтях, нефтепродуктах, химических реагентах, вызывают коррозию оборудования, "отравляют" катализаторы и др., что приводит к сбою в работе оборудования и пагубно сказывается в целом на работе соответствующих заводов, а в случае трубопроводной транспортировки нефти может привести к экологической катастрофе при его прорыве и, соответственно, к колоссальным убыткам по устранению результатов аварии. Способов и устройств для экспресс определения таких соединений в сырой нефти обладающих необходимой чувствительностью на текущий момент не существует [1].

В данной работе рассмотрена возможность использования двухволновой волнодисперсионной интроскопии [2] для измерения количества примесей хлорорганических соединений с точностью мене 200 ppm. Преимущество предлагаемой технологии над имеющимися рентгеновскими способами заключается в том, что не требуется специальная пробоподготовка, а устройство может быть реализовано в виде поточного анализатора. Принципиальная схема реализации способа показана на рис. 1.

1.

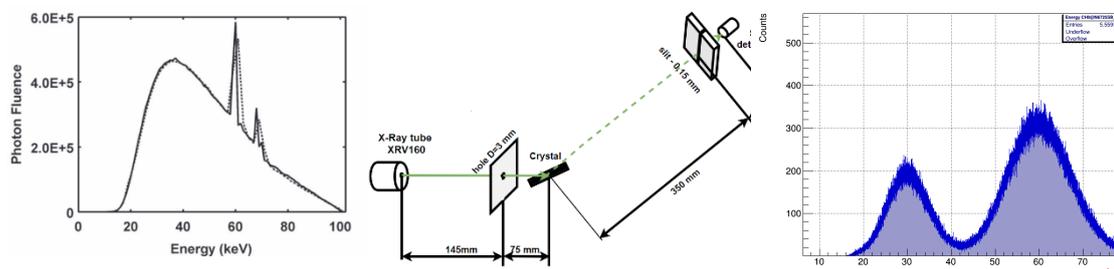


Рис. 1. Получение двух энергетических линий. Кристалл-анализатор настроен на угол Брэгга для 30 кэВ, линия 60 кэВ появляется на детекторе за счет 2-го дифракционного максимума и характеристической линии вольфрама.

Для определения примесей хлорорганики с массовой долей 200 ppm необходимо обеспечить относительную статистическую ошибку регистрации фотонов больше, чем изменение в интенсивности линий спектра за счет присутствия хлора. Если количество фотонов с энергией 30 keV, прошедших через чистую нефть и зарегистрированных детектором $N_{OIL\ 30} = 10^6$, то статистическая относительная ошибка будет $\sigma = \sqrt{N} = 1000$. Поэтому, для достижения минимального теоретического $SNR=1$, необходимо, чтобы выполнялось условие изменения регистрируемых фотонов для линий ΔN_{30} и $\Delta N_{60} > 1000$. Для трубы диаметром 5 см и плотностью нефти $\rho=0.8$ г/см³ и линейными коэффициентами поглощения $\mu_{30\ OIL} = 0.211175$ см⁻¹ и $\mu_{60\ OIL} = 0.149602$ см⁻¹, получим что, начальное количество фотонов должно быть $N_{0\ 30} = N_{0\ 60} = 2.875e+06$. Соответственно, через чистую нефть пройдет $N_{OIL\ 60} = 1.36051e+06$ фотонов для линии 60 keV. В случае, когда в нефти присутствует примесь хлорорганики с линейными коэффициентами поглощения для хлора $\mu_{30\ Cl} = 7.68934$ см⁻¹ и $\mu_{60\ Cl} = 1.39302$ см⁻¹, и в массовой доли хлора 200 ppm, начальная интенсивность линий спектра будет ослаблена до уровня $N_{OIL+Cl\ 30} = 9.9255+05$ и $N_{OIL+Cl\ 60} = 1.35882e+06$ фотонов. В итоге изменения в спектральных линиях будут $\Delta N_{30} = 7450$ и $\Delta N_{60} = 1690$ фотонов. Отсюда получаем, что соотношения сигнал/шум для линий спектра будут $SNR_{30} = 7.45$ и $SNR_{60} = 1.69$.

Расчет показывает, что при соответствующей загрузке детектора возможна регистрация примесей хлорорганики в нефти в потоке не реже 1 раза в секунду и с точностью не менее 200 ppm.