

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](mailto: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.

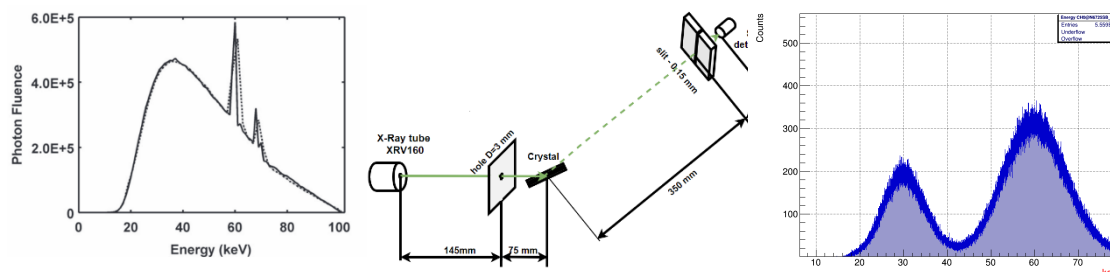


Рис. 1. Получение двух энергетических линий. Кристалл-анализатор настроен на угол Брэгга для 30 кэВ, линия 60 кэВ появляется на детекторе за счет 2-го дифракционного максимума и характеристической линии вольфрама.

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  $\Delta N_{30}$  и  $\Delta N_{60} > 1000$ . Для трубы диаметром 5 см и плотностью нефти  $\rho=0.8$  г/см<sup>3</sup> и линейными коэффициентами поглощения  $\mu_{30\ OIL} = 0.211175$  см<sup>-1</sup> и  $\mu_{60\ OIL} = 0.149602$  см<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup> и  $\mu_{60\ Cl} = 1.39302$  см<sup>-1</sup>, 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 нагрузке детектора возможна регистрация примесей хлорорганики в нефти в потоке не реже 1 раза в секунду и с точностью не менее 200 ppm.

Чувствительность способа зависит от времени экспозиции и при необходимости за разумное время может достигать 10 ppm.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков Е.А. Определение хлора в нефтепродуктах. Обзор аналитических методов. - Мир нефтепродуктов. 2019. - №7. - с.39.
2. A Gogolev, R Rezaev, Yu Cherepennikov, A Vukolov, T Gogoleva, Estimation of the sensitivity in dual wave X-ray absorptiometry - Journal of Physics: Conference Series, 732(2016), RREPS2015.

### ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСУШИВАНИЯ ОБРАЗЦОВ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ RA-226

Альмяков П. Э., Черепнев М. С., Епанчинцев Д. П.

Научный руководитель: Рыжакова Н.К., к.ф.-м.н., доцент.

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

E-mail: al.pa2014@yandex.ru

Значительный вклад в фоновое излучение вносит радон-222 и продукты его распада. В соответствии с нормативными документами в Российской Федерации перед проведением строительных работ проводят радиационно-экологические изыскания, в том числе определяют радоноопасность территорий застройки [1]. Радон образуется в результате радиоактивного распада Ra-226, принадлежащего семейству  $^{238}\text{U}$ . Поэтому одним из основных критериев радоноопасности территорий во многих странах используется удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  [2]. В РФ построены региональные карты радоноопасности, основанные на данных о содержании урана/радия в приповерхностном рыхлом слое. Однако, в основании фундаментов зданий, располагающихся обычно на глубинах 2–3 м, залегают плотные породы, удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  которых может отличаться. В связи с этим возникает необходимость измерения активности радия-226 в коренных породах разного типа.

Обзор научной литературы, в том числе и зарубежной, показывает, что до настоящего времени не существует аттестованной методики пробоподготовки образцов пород к гамма-спектрометрии. В частности, отсутствуют рекомендации о температуре высушивания образцов. В работе представлены результаты измерения удельной активности радия в образцах суглинка, белой глины и сланца, высушенных при температурах 90, 100, 110 и 120°C, а также удельная активность радия в образцах суглинка, отобранного в поверхностном слое и на глубинах 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 м. Удельную активность радия-226 измеряли в геометрии сосуда Маринелли с объемом 1л с помощью  $\gamma$ -спектрометра на основе полупроводникового германиевого детектора GEM-76 (рис.5) с разрешением 1,85 кэВ для энергии 1,33 МэВ и 0,85 кэВ для энергии 122 кэВ. Измерения проводили в условиях радиоактивного равновесия с радоном по наиболее интенсивным линиям дочерних продуктов распада радона –  $^{214}\text{Pb}$  (295,21; 351,92 кэВ) и  $^{214}\text{Bi}$  (609,32 кэВ). Перед измерениями грунты тщательно высушивали и измельчали. Время выдержки герметично закрытых сосудов составляло две – три недели, время измерения одного образца несколько часов в зависимости от активности радия; статистическая погрешность измерений не превышала 15%. Для обработки аппаратурных гамма-спектров использована программа «Genia-2000», разработанная компанией CANBERRA.

Для суглинка и сланца зависимости удельной активности радия от температуры высушивания в исследованном диапазоне не выявлено. Для глины наблюдается значительное увеличение активности при увеличении температуры до 110-120°C (Рис.1). Возможно, этот результат связан с высокой гигроскопичностью глины, в связи с чем высушивание до температур  $\leq 100^\circ\text{C}$  не позволяет полностью удалить влагу из образцов. Необходимы дальнейшие исследования по разработке методики высушивания образцов глины.

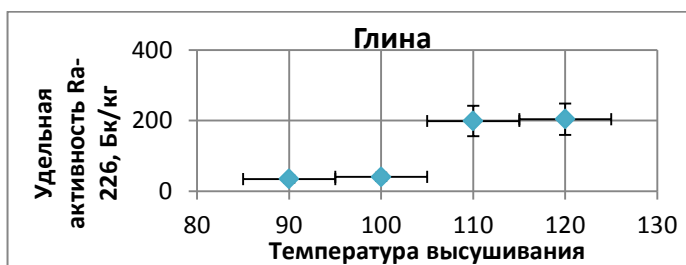


Рис.1. Зависимость удельной активности радия от температуры высушивания