

**ПРОВЕРКА УРАВНЕНИЯ СВЯЗИ В МЕТОДЕ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ
АБСОРБЦИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПАР ЭНЕРГИЙ**

А.А. Семоненко

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Н.А. Антропов
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: Semonenko.a.a@gmail.com

BIOCOMPOSITES FOR BONE TISSUE REGENERATION

A.A. Semonenko

Scientific Supervisor: Asst. Prof., Dr. N.A. Antropov
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: Semonenko.a.a@gmail.com

***Abstract.** Determining the density and composition of multilayer material of variable composition is an important task for many industries. For example, in medicine in the diagnosis of osteoporosis, the analysed object is a bone surrounded by fat tissue. In customs control bulk cargo of mixed composition also represents multilayer materials of variable composition. To solve such problems, the methods based on the transmission of X-rays through material (X-ray transmission) are currently used. These methods include X-ray tomography and dual-energy X-ray absorption. However, these methods can give either a qualitative picture of the composition and density of multilayer material in the case of tomography or a quantitative one with a large error due to averaging the results of measurements across all layers, as in the case of dual-energy X-ray absorptiometry.*

Введение. Определение плотности и состава многослойных сред переменного состава является общей задачей для ряда отраслей. Например, в медицине при диагностике остеопороза анализируемый объект – кость в окружении жировых тканей представляет собой такую среду. Для решения таких задач в настоящее время используются методы, основанные на прохождении рентгеновского излучения через среды (рентгеновская трансмиссия). К ним относятся рентгеновская томография и двух энергетическая рентгеновская абсорбция. Однако названные методы могут дать либо качественную картину изменения состава и плотности многослойных сред в случае томографии, либо количественную с большой погрешностью вследствие усреднения результатов измерений по всем слоям, как в случае двух энергетической рентгеновской абсорбциометрии.

Материалы и методы исследования. В работе [1] было теоретически показано и экспериментально обосновано на примере линий ХРИ $K\alpha$ -линии серебра (22 кэВ) и $K\alpha$ -линии циркония (15.8 кэВ), что при прохождении двух пучков излучения с низкой и высокой энергиями через многоэлементную среду (образец) переменного состава зависимость между массовыми коэффициентами ослабления для этих энергий является линейной. Использование этого уравнения позволило значительно снизить погрешность измерения плотности сред переменного состава в сравнении с радиоизотопными плотномерами.

В настоящее время радиоизотопные плотномеры широко распространены в промышленности для определения плотности сред в технологических трубопроводах. При этом требования к снижению погрешности измерения плотности постоянно возрастают [2].

В данной работе для проверки были выбраны следующие изотопы: Европий-152 линии 122кэВ и 344кэВ и Титан-44 линии 68,9кэВ и 78,3кэВ. В качестве многокомпонентных сред переменного состава использовались водно-спиртовые растворы 6 образцов в диапазоне плотностей 0,81 – 0,996 , кг/м³

Прохождении образца толщиной – x двумя моноэнергетическими пучками с учетом уравнения связи между массовыми коэффициентами ослабления μ можно описать следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} N' &= N_0' e^{-\mu' \rho x} \\ N'' &= N_0'' e^{-\mu'' \rho x} \\ \mu' &= a + b\mu'' \end{aligned} \quad (1)$$

Решение этих уравнений (1) относительно плотности дает следующее выражение:

$$\rho = K_1 \ln \frac{N_0'}{N'} - K_2 \ln \frac{N_0''}{N''} \quad (2)$$

Где:

$$K_1 = \frac{1}{b}, K_2 = \frac{a}{b}$$

В таблицах №1 и №2 представлены результаты измерений, где N' и N'' площадь пика после прохождения через раствор, N₀' и N₀'' – площадь пика после прохождения через пустую кювету.

Таблица 1

Результаты измерений с использованием Ti-44

плотность, г/см ³	68,9 кэВ		78,3 кэВ		Массовые коэффициенты	
	N'	N ₀ '	N''	N ₀ ''	μ' , см ² /г	μ'' , см ² /г
0,81	42194	85587	56635	110667	0,873	0,827
0,9005	39493	85587	52040	110667	0,859	0,838
0,9245	38550	85587	50791	110667	0,863	0,842
0,9415	38120	85587	50401	110667	0,859	0,835
0,975	36762	85587	48932	110667	0,867	0,837
0,996	35814	85587	47829	110667	0,875	0,842

Массовые коэффициенты ослабления определялись из выражения:

$$\mu = \frac{1}{\rho} \ln \frac{N_0'}{N'}$$

Как видно из графиков данные зависимости являются линейными. При определении плотности радиоизотопным плотномером по одной энергии погрешность измерения плотности будет определяться вариацией массового коэффициента ослабления используемой энергетической линии исследуемым образцом. Вариация коэффициента для титана линия 68,9кэВ – 1.9%, линия 78,3 – 1.8%.

Таблица 2

Результаты измерений с использованием $Ti-44$

Известная плотность, г/см ³	Измеренная плотность, г/см ³	Погрешность, %
0,81	0,803	0,91
0,9005	0,900	0,03
0,9245	0,929	0,50
0,9415	0,939	0,28
0,975	0,974	0,02
0,996	1,003	0,68

Были построены графики зависимости μ' от μ'' рис. № 1

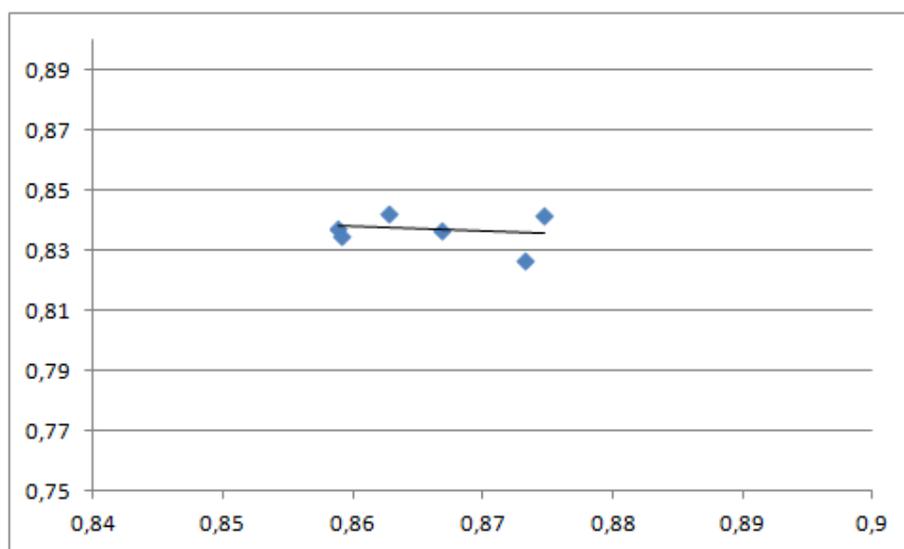


Рис. 1. Зависимость μ' от μ'' для линий $Ti-44$

Как видно из таблиц плотности, вычисленные с использованием выражения (2) дают более, чем в два раза меньшую погрешность.

Заключение. Проведенные исследования показали использование метода ДЭРАС дает погрешность измерения плотности при прочих равных условиях более чем в два раза меньшую по сравнению с обычным радиоизотопным плотномером.

Данная работа проводится в рамках разработки поточного серомера-плотнера для измерения указанных параметров для товарной и сырой нефти в автоматическом режиме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Assessment of the possibilities of the dual-energy X-ray absorptiometry of multicomponent samples with variable content. Antropov N.A., Karpov D.A., Kryuchkov Yu.Yu. Instruments and experimental techniques, 2012. Vol. 55, No. 5, pp. 608-610.
2. Радиоизотопный измеритель плотности и фазового состава нефти в магистральных нефтепроводах. Исаев Е.В. Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования, М.: 2000. 103 с.