

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ ИМЕНИ А.Д. САХАРОВА»

Факультет мониторинга окружающей среды
Кафедра общей и медицинской физики

ЕФИМЕНКО
Александр Дмитриевич

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО
РАДИОНУКЛИДНОГО ИСТОЧНИКА ДЛЯ РАДИОМЕТРА
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ
ИЗМЕРЕНИИ СУММАРНОЙ АКТИВНОСТИ

Дипломная работа

Научный руководитель:
начальник отдела по инженерному
обеспечению лучевой терапии
РНПЦ ОМР им. Н.Н. Александрова
Петкевич М.Н.

начальник сектора радиометрии
и спектрометрии
УП «АТОМТЕХ»
Горшков Д.В.

Научный консультант:
к.т.н. Аншаков О.М.

Допущен к защите

«___»_____2021 г.

Зав. кафедрой общей и медицинской физики
кандидат физико-математических наук, доцент Н.А. Савастенко

Минск, 2021

РЕФЕРАТ

Дипломная работа объемом 47 страниц содержит 13 иллюстраций, 11 таблиц и 13 использованных источников.

Объект исследования – математические методы и подходы для определения активности многокомпонентных смесей.

Цель – разработать алгоритм определения активности многокомпонентного радионуклидного источника при одновременном измерении суммарной активности.

В работе рассмотрена линейная модель измерения активности многокомпонентного радионуклидного источника, ее погрешность и условия применимости для радиометрических исследований. Проведен анализ методов решения систем линейных алгебраических уравнений для задач радиометрии.

Оценена погрешность радиометрических измерений с использованием прямых методов решения систем линейных алгебраических уравнений с различным числом обусловленности матрицы. Для решения некорректных задач рассмотрена возможность применения методов наименьших квадратов (МНК), сингулярного разложения (SVD) и регуляризации Тихонова.

С использованием радиометра РКС-АТ1329 получены массивы данных, представляющие собой результаты измерения активности многокомпонентного радионуклидного источника. Полученные данные подвергнуты анализу с использованием разработанного алгоритма. Проведен численный анализ устойчивости решения задачи определения активности многокомпонентной смеси. Показано, что прямой метод решения не может быть применен для данного типа задач. Метод регуляризации Тихонова в терминах общей формулировки наименьших квадратов, позволяет добиться необходимой точности решения. Указанный алгоритм этого регуляризирующего свойства позволяет получить оптимальное устойчивое решение задачи.

Алгоритм нашел практическое применение при модернизации программного модуля расчета активности радионуклидов, используемого в радиометре РКС-АТ1329. В дальнейшем данные результаты планируется использовать в ряде изделий, выпускаемых УП «АТОМТЕХ».

Ключевые слова: радиоактивный распад, линейная модель, обратная задача, МНК, SVD, метод регуляризации Тихонова.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа аб'ёмам 47 старонак, змяшчае 13 ілюстрацый, 11 табліц і 13 выкарыстаных крыніц.

Аб'ект даследавання – матэматычныя метады і падыходы для вызначэння актыўнасці шматкампанентных сумесяў.

Мэта – распрацаваць алгарытм вызначэння актыўнасці шматкампанентнага радыёнукліднай крыніцы пры адначасовым вымярэнні сумарнай актыўнасці.

У працы разгледжана лінейная мадэль вымярэння актыўнасці шматкампанентнай радыёнукліднай крыніцы, яе хібнасць і ўмовы прымянімасці для радыеметрычных даследаванняў. Праведзены аналіз метадаў рашэння сістэм лінейных алгебраічных раўнанняў для задач радыёметраў.

Ацэнена хібнасць радыеметрычных вымярэнняў з выкарыстаннем прамых метадаў рашэння сістэм лінейных алгебраічных раўнанняў з розным лікам абумоўленасці матрыцы. Для вырашэння некарэктных задач разгледжана магчымасць прымянення метадаў найменшых квадратаў (МНК), сінгулярнасць раскладання (SVD) і рэгулярызацыі Ціханава.

З выкарыстаннем радыёметра РКС-АТ1329 атрыманы масівы дадзеных, якія ўяўляюць сабой вынікі вымярэння актыўнасці шматкампанентнага радыёнукліднага крыніцы. Атрыманыя дадзеныя падвергнуты аналізу з выкарыстаннем распрацаванага алгарытму. Праведзены колькасны аналіз ўстойлівасці рашэння задачы вызначэння актыўнасці шматкампанентнай сумесі. Паказана, што прамы метадаў рашэння не можа быць ужыты для дадзенага тыпу задач. Метадаў рэгулярызацыі Ціханава ў тэрмінах агульнай фармулёўкі найменшых квадратаў, дазваляе дамагчыся неабходнай дакладнасці рашэння. Ўказаны алгарытм гэтага рэгулярызующего ўласцівасці дазваляе атрымаць аптымальнае ўстойлівае рашэнне задачы.

Алгарытм знайшоў практычнае прымяненне пры мадэрнізацыі праграмага модуля вызначэння актыўнасці радыёнуклідаў, які выкарыстоўваецца ў радыёметраў РКС-АТ1329. У далейшым дадзеныя вынікі плануецца выкарыстоўваць у шэрагу вырабаў, якія выпускаюцца УП «АТОМТЕХ».

Ключавыя словы: радыеактыўны распад, лінейная мадэль, зваротная задача, МНК, SVD, метадаў рэгулярызацыі Ціханава.

ABSTRACT

The thesis is 47 pages long, contains 13 illustrations, 11 tables and 13 sources used.

The object of research is mathematical methods and approaches for determining the activity of multicomponent compounds.

The purpose is to develop an algorithm to determine the activity of a multicomponent radionuclide source while simultaneously measuring the total activity.

The paper considers a linear model for measuring the activity of a multicomponent radionuclide source, its error, and the conditions of applicability for radiometric studies. Methods for solving systems of linear algebraic equations for radiometry problems are analyzed.

The error of radiometric measurements is estimated using direct methods for solving systems of linear algebraic equations with different matrix conditionality numbers. The possibility of using least squares (LS), singular value decomposition (SVD), and Tikhonov regularization methods is considered for solving ill-posed problems.

Using the PKC-AT1329 radiometer, data sets representing the results of measuring the activity of a multicomponent radionuclide source were obtained. The obtained data were analyzed using the developed algorithm. A numerical analysis of the stability of the solution to the problem of determining the activity of a multicomponent mixture is carried out. It is shown that the direct solution method cannot be applied for this type of problems. The Tikhonov regularization method in terms of the general least squares formulation allows us to achieve the necessary accuracy of the solution. The specified algorithm of this regularizing property allows us to obtain an optimal stable solution to the problem.

The algorithm has found practical application in the modernization of the software for calculating the activity of radionuclides used in the PKC-AT1329 radiometer. In the future, these results are planned to be used in a number of products manufactured by «ATOMTEX».

Keywords: radioactive decay, linear model, inverse problem, LS, SVD, Tikhonov regularization method.