

Д18-2013-87

С. С. Павлов, А. Ю. Дмитриев, М. В. Фронтасьева

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕАКТОРНОГО НЕЙТРОННОГО  
АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Павлов С. С., Дмитриев А. Ю., Фронтасьева М. В.

D18-2013-87

Автоматизация реакторного нейтронного активационного анализа

Сообщается о состоянии дел по созданию программного комплекса, предназначенного для автоматизации нейтронного активационного анализа (НАА) на реакторе ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ (Дубна). Согласно решениям, принятым на координационном совещании МАГАТЭ в Делфте 27–31 августа 2012 г., отсутствующее в настоящее время устройство смены образцов (sample changer) для НАА будет изготовлено и установлено в соответствии с особенностями радиоаналитического комплекса РЕГАТА на реакторе ИБР-2. Представлены конструкционные детали устройства смены образцов. Программное обеспечение для работы с этим устройством состоит из двух частей. Первая часть представляет собой пользовательский интерфейс, а вторая является программой для управления устройством смены образцов. Вторая часть будет создана после установки этого устройства.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2013

Pavlov S. S., Dmitriev A. Yu., Frontasyeva M. V.

D18-2013-87

Automation of Reactor Neutron Activation Analysis

The present status of the development of a software package designed for automation of NAA at the IBR-2 reactor of FLNP, JINR, Dubna, is reported. Following decisions adopted at the CRP Meeting in Delft, August 27–31, 2012, the missing tool — a sample changer — will be installed for NAA in compliance with the peculiar features of the radioanalytical laboratory REGATA at the IBR-2 reactor. The details of the design are presented. The software for operation with the sample changer consists of two parts. The first part is a user interface and the second one is a program to control the sample changer. The second part will be developed after installing the tool.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2013

## ВВЕДЕНИЕ

В Объединенном институте ядерных исследований нейтронный активационный анализ (НАА) проводится с использованием установки РЕГАТА на реакторе ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка [1]. Важнейшей задачей при проведении НАА является повышение качества анализа и количества выполняемых исследований.

В рамках международных программ в области наук о жизни и материаловедения на установке РЕГАТА проводится массовый анализ большого количества образцов, что требует организации маркировки, хранения и учета анализируемых образцов, облучений, измерений и обработки  $\gamma$ -спектров наведенной активности, а также систематизации результатов анализа. Большие партии образцов растительности, почвы, продуктов питания, микроорганизмов, используемых в бионанотехнологии, и других материалов необходимо регистрировать, правильно хранить, подготавливать к облучению и регистрировать проведение всех этапов анализа.

В значительной степени эти задачи выполняются при обеспечении как можно более полной автоматизации работ. Поэтому главной задачей настоящего проекта является повышение уровня автоматизации выполняемых исследований. Начальный этап создания программного обеспечения для автоматизации НАА на реакторе ИБР-2 ЛНФ отражен в работах [2, 3].

Улучшение качества и увеличение количества выполняемых исследований будет достигаться с помощью:

- автоматизации ввода данных для анализа;
- использования программируемых процедур контроля качества при выполнении анализа;
- проведения быстрого статистического анализа результатов и процедур контроля качества;
- автоматизации измерений спектров с использованием устройств автоматической смены образцов;
- автоматизации процесса расчета концентраций, запоминания результатов анализа и представления отчетов;
- быстрой проверки выполнения всех этапов анализа и поиска любой информации о проведении НАА с любого компьютера сектора НАА.

Изложенные выше цели достигаются путем:

- разработки принципиально нового программного обеспечения с использованием базы данных выполняемых исследований;
- разработки и использования устройств автоматической смены образцов при измерениях спектров;
- разработки и изготовления новой электроники управления пневмотранспортом для облучения образцов, заменой устаревших пневматических комплектующих установки;
- проведения исследований радиационной стойкости новых материалов для изготовления нового типа упаковки и контейнеров для длительных облучений;
- разработки и изготовления устройств для выдержки контейнеров с образцами после длительных облучений.

## 1. ПАКЕТ ПРОГРАММ

**1.1. Структурная схема программного обеспечения.** В 2013 г. была продолжена разработка пакета программ с использованием базы данных. Структурная схема программного обеспечения для автоматизации НАА на реакторе ИБР-2 представлена на рис. 1.

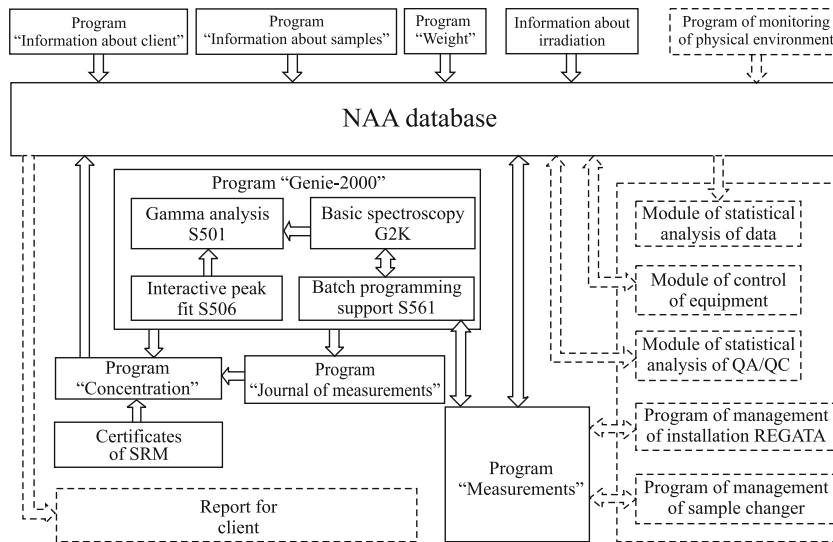


Рис. 1. Структурная схема программного обеспечения

**1.2. Структурная схема базы данных.** Структурная схема базы данных представлена на рис. 2. Модули программ, которые уже разработаны и используются, обозначены на этой схеме сплошными линиями, пунктирными — находятся в разработке.

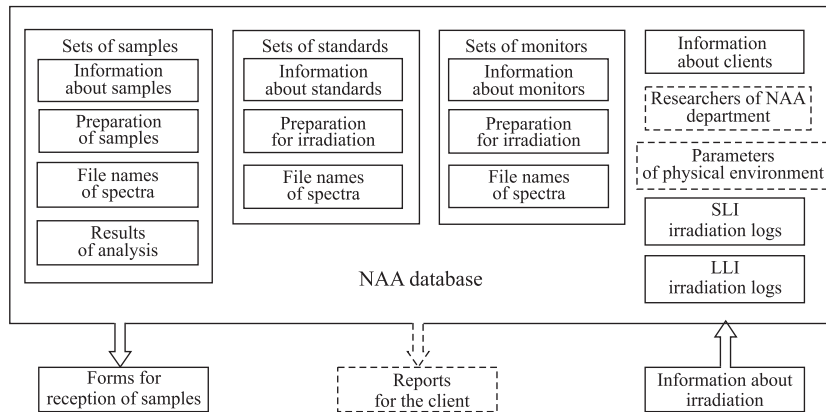


Рис. 2. Структурная схема базы данных

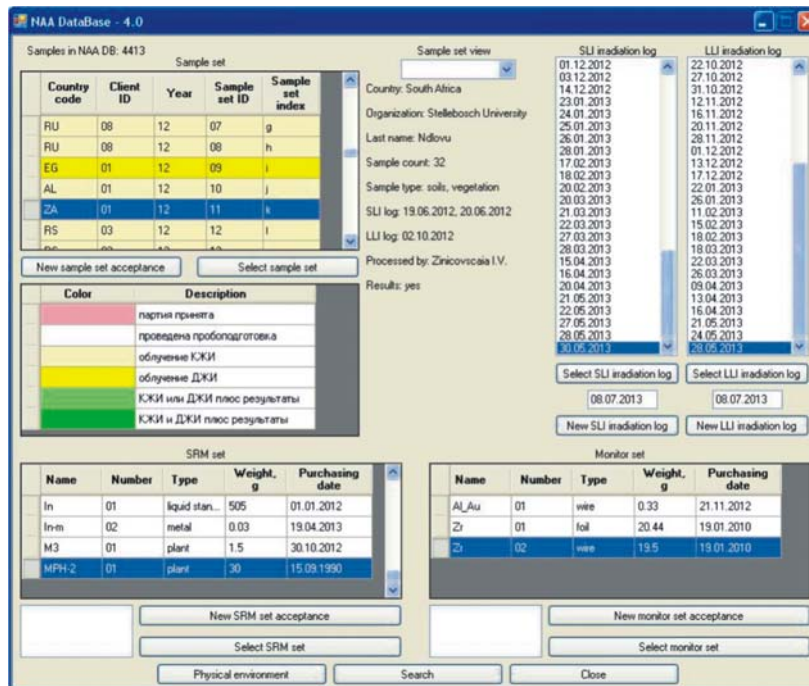


Рис. 3. Главное окно базы данных

**1.3. Главное окно базы данных.** На рис. 3 представлено главное окно базы данных, с помощью которого можно занести или посмотреть информацию о заказчиках и принятых образцах, а также используемых CRM, мониторах потока нейтронов и проверить их остатки. В эту таблицу вносятся данные обо всех шагах НАА: приемке, пробоподготовке, облучении, обработке результатов и проведении статистического анализа результатов.

Например, из журнала облучений для анализа короткоживущих изотопов (рис. 4) можно узнать все необходимые параметры облучения и имена спектров для каждого образца, стандарта или монитора.

В настоящее время большая часть программного обеспечения имеет интерфейс на русском языке, поэтому виды других окон в данном отчете не приводятся. После того как по результатам использования программ будут внесены все изменения и дополнения, их интерфейсы будут иметь возможность выбора языка.

The screenshot shows the 'SLI Irradiation log' application window. At the top, there's a title bar and a 'Save SLI log to file' button. The main area contains a large table with the following data:

Country code	Client ID	Year	Sample set ID	Sample ID	Irradiation date	Start time	Channel	Duration, sec	Detector №	Spectrum file	Paper log number	Irradiated by	
GE	01	13	25	y	01	30.05.2013	13.23.21	2	180	5	5002215	16	Frontasyeva M.V.
GE	01	13	25	y	02	30.05.2013	13.23.21	2	180	6	6002215	16	Frontasyeva M.V.
GE	01	13	25	y	03	30.05.2013	13.23.21	2	180	7	7002215	16	Frontasyeva M.V.
GE	01	13	25	y	04	30.05.2013	13.41.26	2	180	5	5002216	16	Frontasyeva M.V.
GE	01	13	25	y	05	30.05.2013	13.41.26	2	180	6	6002216	16	Frontasyeva M.V.
GE	01	13	25	y	06	30.05.2013	13.41.26	2	180	7	7002216	16	Frontasyeva M.V.
GE	01	13	25	y	07	30.05.2013	13.57.20	2	190	7	7002217	16	Frontasyeva M.V.
s	s	s	Au	01	01	30.05.2013	14.11.22	2	196	5	5002218	16	Frontasyeva M.V.

Below the main table, there are three sections:

- Sample set:** A table with columns for Country code, Client ID, Year, Sample set ID, and Sample set index. It lists various sample sets like VN, ZA, and ZA.
- SRM set:** A table with columns for SRM set name, SRM set number, SRM set type, Weight, and Purchasing date. It lists SRM sets like 1575a, 1577, 1632b, 1632c, and 1633b.
- Monitor set:** A table with columns for Monitor set name, Monitor set number, Monitor set type, Weight, and Purchasing date. It lists monitor sets like Al/Au, Zi, and Zi.

Each section has a 'set view' dropdown and several control buttons like 'Add', 'Delete', and 'Set as not in use'. At the bottom of the window, there are 'Save and update SLI' and 'Close' buttons.

Рис. 4. Журнал облучений для анализа короткоживущих изотопов

Автоматизация расчета концентраций элементов в образцах по результатам анализа спектров образцов, стандартов и мониторов достигается использованием программы «Концентрация», основное окно которой показано на рис. 5. Эта программа дает возможность:

- произвести коррекцию активностей изотопов образцов и стандартов с использованием мониторов потока нейтронов;
- составить групповой стандарт с использованием нескольких облученных CRM;
- произвести проверку составления группового стандарта, рассчитать концентрации элементов в каждом из стандартов на групповой стандарт и составить результирующую таблицу;
- рассчитать концентрации элементов в образцах с использованием группового стандарта;
- составить промежуточную таблицу результатов с построением проверочных графиков сравнения концентраций, полученных из разных измерений, а также концентраций коррелирующих элементов в образцах (рис. 6);

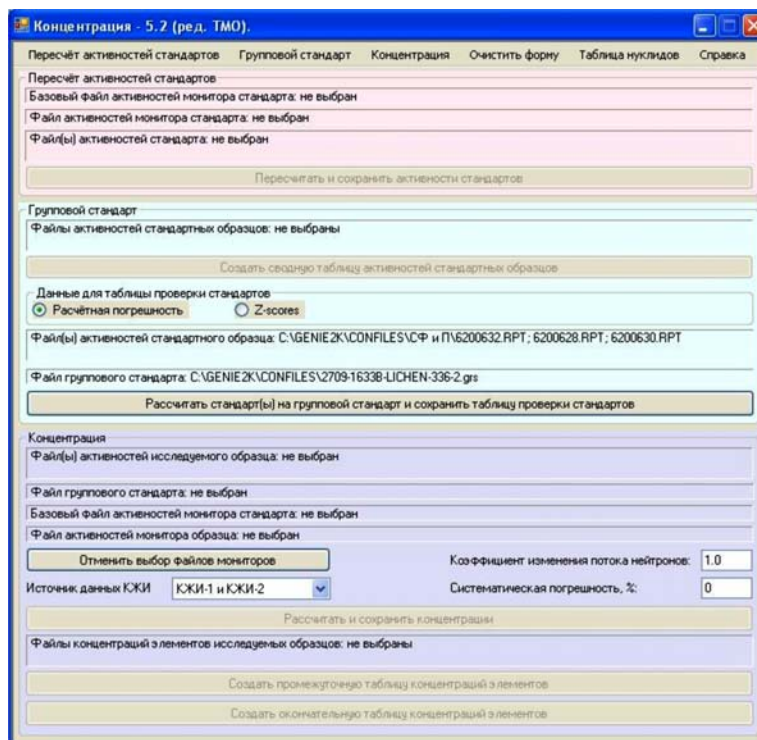


Рис. 5. Основное окно программы «Концентрация»

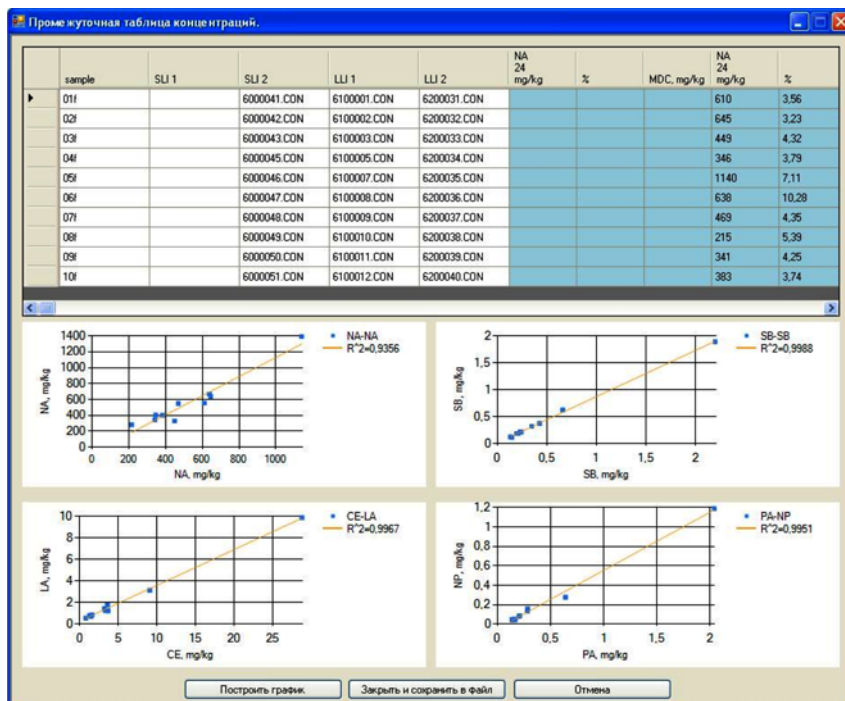


Рис. 6. Промежуточная таблица результатов

— составить окончательную таблицу результатов, готовую для автоматического занесения в базу данных.

## 2. УСТРОЙСТВО СМЕНЫ ОБРАЗЦОВ (SAMPLE CHANGER)

Для автоматизации смены образцов на детекторах было разработано специальное устройство. Измеряемые образцы предварительно устанавливаются во вращающийся диск с 40 ячейками для контейнеров. Перемещение контейнеров от диска к детектору и обратно будет осуществляться с помощью покупного устройства фирмы «DriveSet» M202A (рис. 7 и 8), в состав которого входят модули линейного перемещения по горизонтали и вертикали и электроника управления по трем осям, включая управление вращающимся диском с образцами.

Блок управления позволяет установить образец на любой высоте над детектором с проверкой состояния системы по всем трем осям с помощью абсолютных энкодеров. Контракт на покупку трех таких устройств линейного перемещения заключен, оплачен, и уже начато их изготовление.



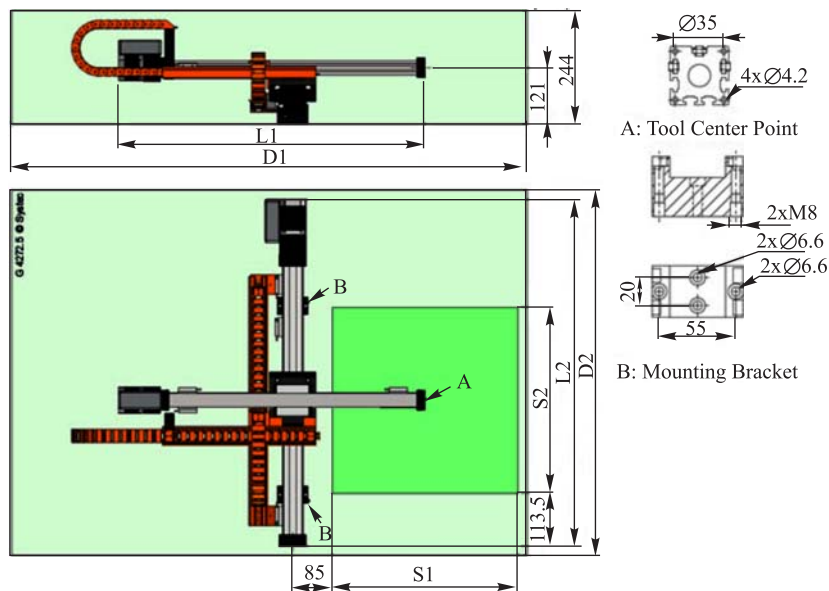


Рис. 7. Устройство линейного перемещения фирмы «DriveSet» M202A

DriveSet M202A



Рис. 8. Модуль линейного перемещения фирмы «DriveSet» M202A

В комплект поставки включены библиотеки для ОС Windows, необходимые для доработки уже существующей программы управления устройствами и измерениями спектров.

Диски и тумбы для образцов изготавливаются в мастерских лаборатории (чертежи разработаны и переданы в мастерские).

### 3. ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ И ИЗМЕРЕНИЯМИ $\gamma$ -СПЕКТРОВ

Все необходимые для расчета концентраций сведения считываются из базы данных и соответствующих файлов и записываются в поля программы и в спектры автоматически. Сведения о результатах измерений автоматически запоминаются в базе данных (рис. 9).

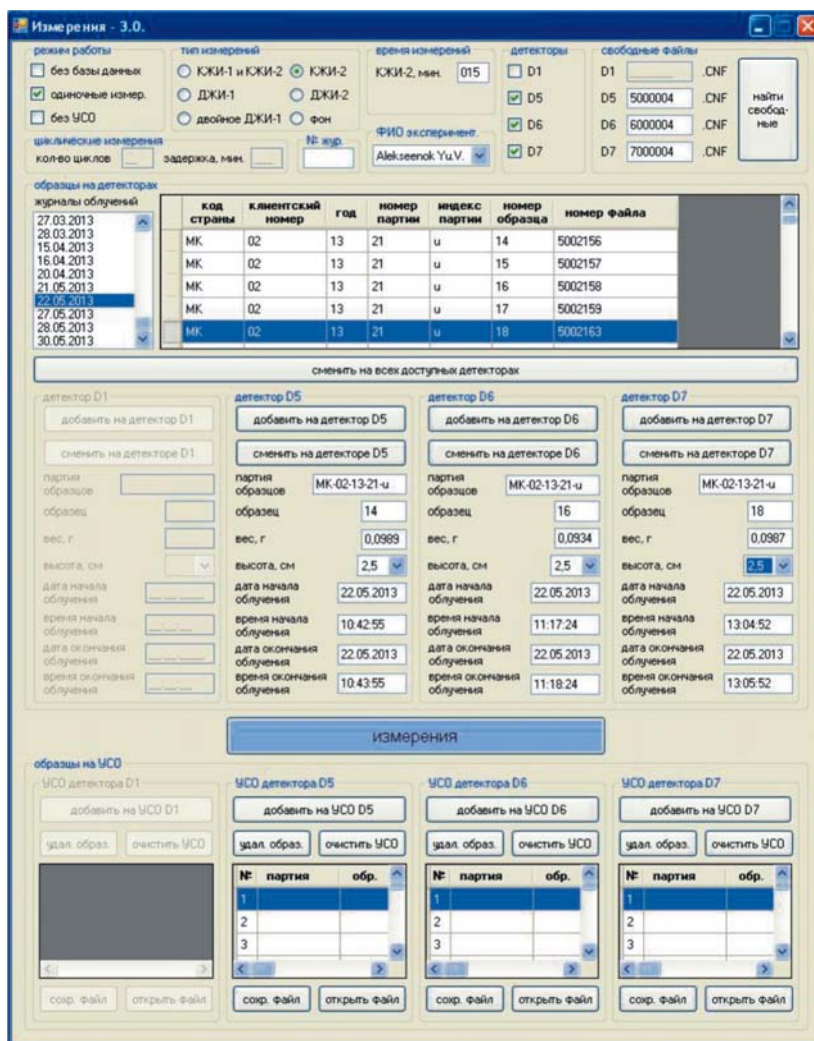


Рис. 9. Окно программы управления устройствами и измерениями  $\gamma$ -спектров

Программа позволяет измерять и сохранять спектры одновременно для четырех детекторов, а в дальнейшем позволит управлять тремя устройствами смены образцов. Графическая часть интерфейса управления устройствами смены образцов уже внедрена в программу. После получения устройств в процессе их настройки необходимо будет добавить в программу команды управления устройствами и проверки их состояния.

В настоящее время программа используется без устройств автоматической смены образцов.

#### 4. ЗАДАЧИ НА 2014 Г.

1. Продолжить разработку программного обеспечения для комплексной автоматизации НАА. Приступить к разработке базы данных для атомной абсорбционной спектрометрии. Спектрометр находится в стадии установки.

2. Произвести монтаж и настройку трех устройств автоматической смены образцов на реакторе ИБР-2 с программой управления устройствами и измерениями  $\gamma$ -спектров.

3. Произвести замену устаревших пневматических комплектующих пневмотранспортной установки для облучения образцов, приступить к разработке новой электроники управления пневмотранспортом.

Настоящая работа поддержана грантом МАГАТЭ (IAEA Research Contract No: 17363).

Направлено в TECDOC координационной программы МАГАТЭ F1.20.25/CRP1888 «Development of an Integrated Approach to Routine Automation of Neutron Activation Analysis».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Фронтьева М. В.* Нейтронный активационный анализ в науках о жизни // ЭЧАЯ. 2011. Т. 42, № 2. С. 636–716.  
<http://www.springerlink.com/content/f836723234434m27/>
2. *Дмитриев А. Ю., Павлов С. С.* Программное обеспечение для автоматизации нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 в ЛНФ ОИЯИ // Ядерные измерительно-информационные технологии. 2012. № 4. С. 54–66.
3. *Дмитриев А. Ю., Павлов С. С.* Автоматизация количественного определения содержания элементов в образцах методом нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 в ЛНФ ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2013. Т. 10, № 1(178). С. 58–64.  
[http://www1.jinr.ru/Pepan.Letters/panl\\_2013\\_1/07\\_dmit.pdf](http://www1.jinr.ru/Pepan.Letters/panl_2013_1/07_dmit.pdf)

Получено 14 августа 2013 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 28.12.2013.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,75. Уч.-изд. л. 0,9. Тираж 160 экз. Заказ № 58154.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)

[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)