

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



9094

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

10 - 9094

В.Д.Фромм

КОМБИНИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА  $\gamma$ -СПЕКТРОВ  
НА МАЛЫХ И БОЛЬШИХ ЭВМ

**1975**

10 - 9094

В.Д.Фромм

КОМБИНИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА  $\gamma$ -СПЕКТРОВ  
НА МАЛЫХ И БОЛЬШИХ ЭВМ

ОИЯИ  
БИБЛИОТЕКА

## **ВВЕДЕНИЕ**

Проведение спектрометрических экспериментов в настоящее время характеризуется большим потоком информации, поступающей в измерительную аппаратуру. Процесс накопления и хранения данных осуществляется с помощью малых ЭВМ.

Оптимальным вариантом обработки накопленной информации является проведение ее в два этапа. На первом этапе целесообразно производить предварительную обработку результатов с целью оценки информативности и корректности данных. Важно, чтобы проведение предварительной обработки не вело к значительной потере времени для самого эксперимента. Отсюда следует, что применяемые алгоритмы /напр., поиск пиков, определение позиции, площади под пиком, полуширин и т.д./ должны быть простыми, быстродействующими и достаточно точными для выполнения первого этапа обработки. Кроме того, применение этих алгоритмов позволяет быстрее наладить экспериментальную аппаратуру.

Второй этап - окончательная обработка спектров с помощью больших ЭВМ - позволяет получить наиболее точные значения основных физических величин при помощи точной калибровки по энергии и интенсивности и их ошибок.

В данной статье описывается комбинация программ для обработки накопленных в ИЦ ЛЯП спектров на ЭВМ ИР 2116С и окончательной обработки их на ЭВМ СДС 6200 в ЛВТА. В качестве примера представлены результаты, полученные на одном из типичных спектров с помощью этой комбинации программ.

## 1. Быстрый поиск пиков

В первую очередь, экспериментатора интересуют в  $\gamma$ -спектре положения пиков и их площадей. Есть разные способы нахождения пиков, начиная от применения геометрических критериев до трансформации Фурье. Сравнительно хорошие результаты можно получить, применяя метод корреляции спектра<sup>/1/</sup>, с помощью коррелятора /рис. 1/, форма которого похожа на вторую производную

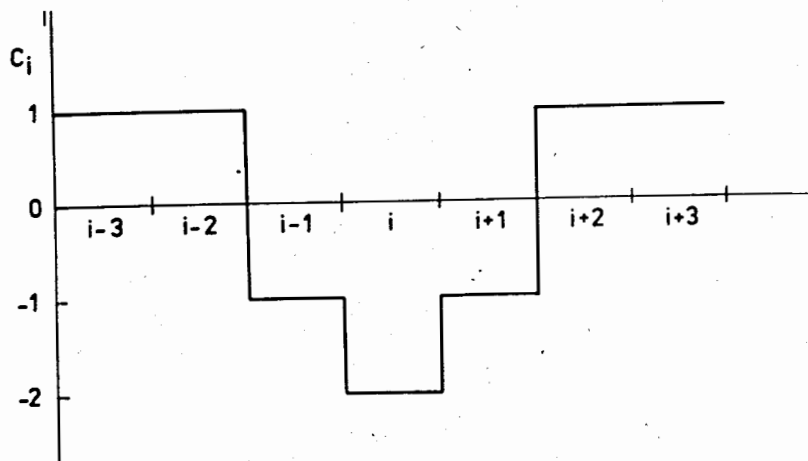


Рис. 1. Функция коррелятора  $C$ , применяемая для поиска пиков посредством нахождения минимального значения

$$K_i = \sum_{j=i-3}^{i+3} c_j N_j.$$

Гаусса<sup>/2/</sup>. Чтобы обеспечить равномерную чувствительность нахождения пиков при больших и малых счетах в каналах, поиск происходит после преобразования спектра в масштаб корня квадратного. Вычисление корня для 4096 каналов требует уже 15 сек счетного времени на HP 2116C. Чтобы ускорить эту операцию, были написана подпрограмма, аппроксимирующая корень с точностью до  $\pm 1$  /статистическая ошибка всегда больше единицы/. Таким образом, поиск пиков в спектре из 4096 каналов за-

нимает не больше 4 сек на HP 2116C. Программа SUCHE/пo-немецки: поиск/ имеет модульную структуру /рис. 2/. После задания места хранения спектра /трек на магнитном диске/ требуется задать условное число  $L$ , управляющее ходом программы:

- а/  $L = 3$  (LIST) минимальный вариант, выдача числа пиков и их положений;
- б/  $L = 2$  (PLOT) вычерчивается спектр в масштабе корня квадратного, найденные пики отмечаются штрихом /см. рис. 3/. Рисунок является базовым материалом для подготовки данных для следующего этапа обработки. В этом варианте список пиков тоже выводится на печать;
- в/  $L = 1$  (TABLE) выдается таблица со значениями положений пиков, их высоты над фоном, площадей и полуширин. Кроме того, в последней колонке можно получить энергию пика по калибровке. Результаты обработки спектра рис. 3 представлены в табл. 1.

Положение пика определяется центром тяжести отрицательной части скоррелированных значений спектра. Фон описывается прямой линией, проведенной через точки слева и справа от максимума пика, взятые как только содержимое каналов начинает возрастать, но не дальше 10 каналов. Площади находятся интегрированием спектра в этих пределах с вычитанием фона. Полуширина определяется как частное от деления площади на высоту, что является хорошим приближением для гауссовой кривой. Калибровка производится заданием нескольких пар канал-энергия. В случае более двух пар параметры прямой определяются по методу наименьших квадратов. Результаты /коэффициенты линейного полинома/ запоминаются в самом последнем секторе диска. Сохранение калибровки ускоряет обработку ряда последующих спектров.

Второе условное число 10 управляет устройством выдачи:

10 = 1 - дисплей с клавиатурой (DISKEY),

Таблица 1

SEARCH ON TRACK 63

NR	POSITION	COUNTS	HEIGHT	FWHM	ENERGY
1	138.40	87449.	6653.	12.35	4.53
2	234.15	4574.	1079.	3.98	23.27
3	250.19	791.	299.	2.49	26.41
4	406.93	346.	90.	3.61	57.07
5	418.54	316.	33.	9.00	59.35
6	437.43	3493.	603.	5.44	63.04
7	502.30	3218.	593.	5.10	75.75
8	517.11	3398.	593.	5.39	78.63
9	556.95	17849.	2734.	6.14	86.43
10	578.24	3256.	473.	6.47	90.59
11	593.12	3067.	566.	5.09	93.50
12	612.94	3650.	592.	5.81	97.38
13	641.35	605.	186.	3.06	102.94
14	652.68	21997.	4053.	5.10	105.16
15	675.55	42972.	6825.	5.92	109.63
16	691.32	4262.	742.	5.40	112.72
17	702.86	31464.	3474.	8.51	114.90
18	718.63	3272.	625.	4.92	116.06
19	733.94	12942.	2022.	6.02	121.06
20	758.38	555.	76.	6.86	125.84
21	781.72	30104.	4865.	5.82	130.41
22	879.95	46324.	6762.	6.44	149.63
23	904.79	16116.	2366.	6.40	154.48
24	938.54	1722.	362.	4.47	161.09
25	949.64	3804.	668.	5.35	163.26
26	1020.50	35526.	6423.	5.20	177.13
27	1034.33	603.	270.	2.10	179.03
28	1042.77	10962.	1954.	5.27	181.48
29	1057.08	3508.	522.	6.32	184.28
30	1126.54	73232.	9954.	6.91	197.87
31	1154.89	2739.	459.	5.61	203.40
32	1177.15	87711.	13041.	6.32	207.77
33	1198.87	1736.	287.	5.68	212.03
34	1214.78	512.	131.	3.67	215.14
35	1260.57	4317.	655.	6.19	224.10
36	1449.05	194.	188.	-0.97	260.97
37	1456.57	200.	170.	1.11	262.45
38	1507.43	2267.	331.	6.44	272.40
39	1642.71	7523.	1048.	6.75	299.87
40	1689.17	7147.	1065.	6.31	307.96
41	1871.91	18164.	2511.	6.80	343.71
42	1888.65	3667.	589.	5.85	346.99
43	2049.08	225.	43.	4.92	534.90
44	3528.58	1329.	185.	6.75	667.05
45	3814.99	83708.	14482.	5.43	723.89
46	3895.90	6529.	810.	7.50	739.72
47	3933.86	1908.	197.	9.10	747.15

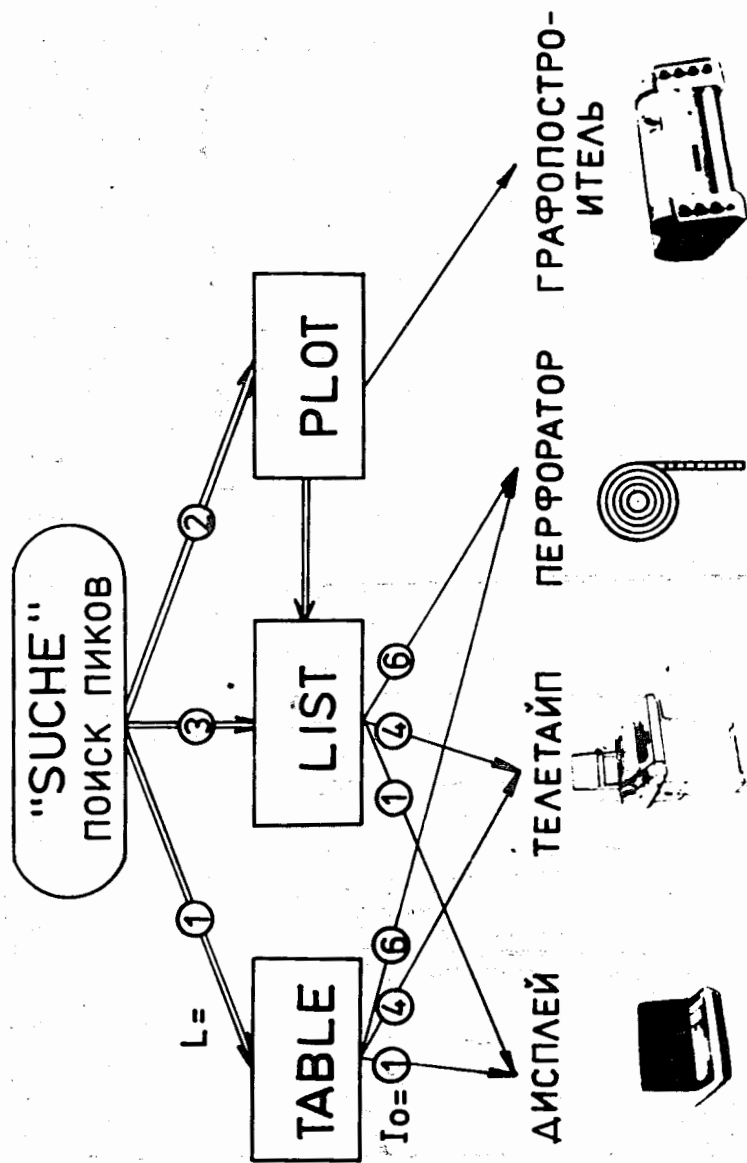


Рис. 2. Управление модулями программы "SUCHE" и связь с внешними устройствами.

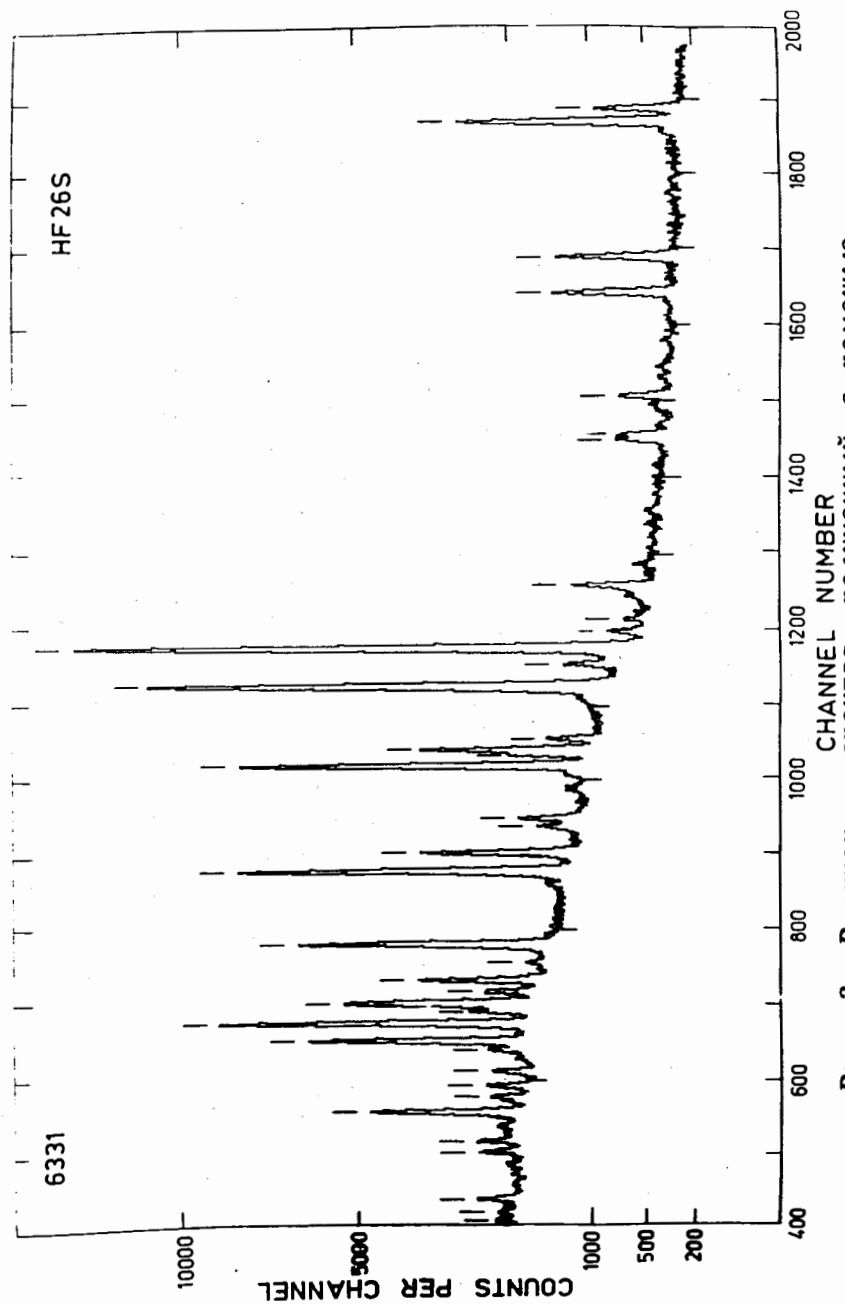


Рис. 3. Рисунок  $\gamma$ -спектра, полученный с помощью программы "SUCHE".

Ю = 4 - перфоратор бумажных лент,  
Ю = 6 - телетайп /ТТУ/.

Программа включена в библиотеку программ в ИЦ ЛЯП и вызывается приказом: PR, SUCHE.

## 2. Окончательная обработка

Программа обработки  $\gamma$ -спектров SPECTR, работающая на СДС 6200, имеет модульную структуру. Центральным модулем является код GAMMA<sup>/3/</sup>, ранее использованный в качестве самостоятельной программы<sup>/4/</sup> обеспечивающей подгонку экспериментальных данных симметричной гауссовой кривой. Добавленные модули /рис. 4/ позволяют эффективнее обрабатывать несколько спектров подряд. Каждый из модулей может работать самостоятельно, например: можно произвести только распечатку спектров, поиск пиков или калибровку уже полученных результатов.

Организация хода обработки происходит с помощью управляющей карты. Структура вводных данных такова, что существуют, в зависимости от требований, все возможности от полной автоматической обработки до задания приблизительных положений пиков, интервала их группировки и степени полинома фона.

Ввод спектров может происходить двумя способами: через перфокарты /формат 2014 или 1615/ или с магнитного диска. Последний путь, связанный с записью измеренных спектров на магнитную ленту<sup>/5/</sup>, более эффективен, но требует перед работой переписи всех интересующих спектров на диск /см. п. 3/. Для поиска пиков используется алгоритм, идентичный программе SUCHE, при этом к полученному списку пиков можно ввести поправки, если это нужно. Первый шаг работы модуля GAMMA состоит в определении зависимости полуширины пика от канала линейным полиномом. Обычно с такой зависимостью производится разложение группы пиков, кроме того, в новом варианте можно выбирать полуширину как свободный параметр. При обработке ряда спектров найденная зависимость, а также калибровка сохраняются, ускоряя ход расчета. Калибровка по

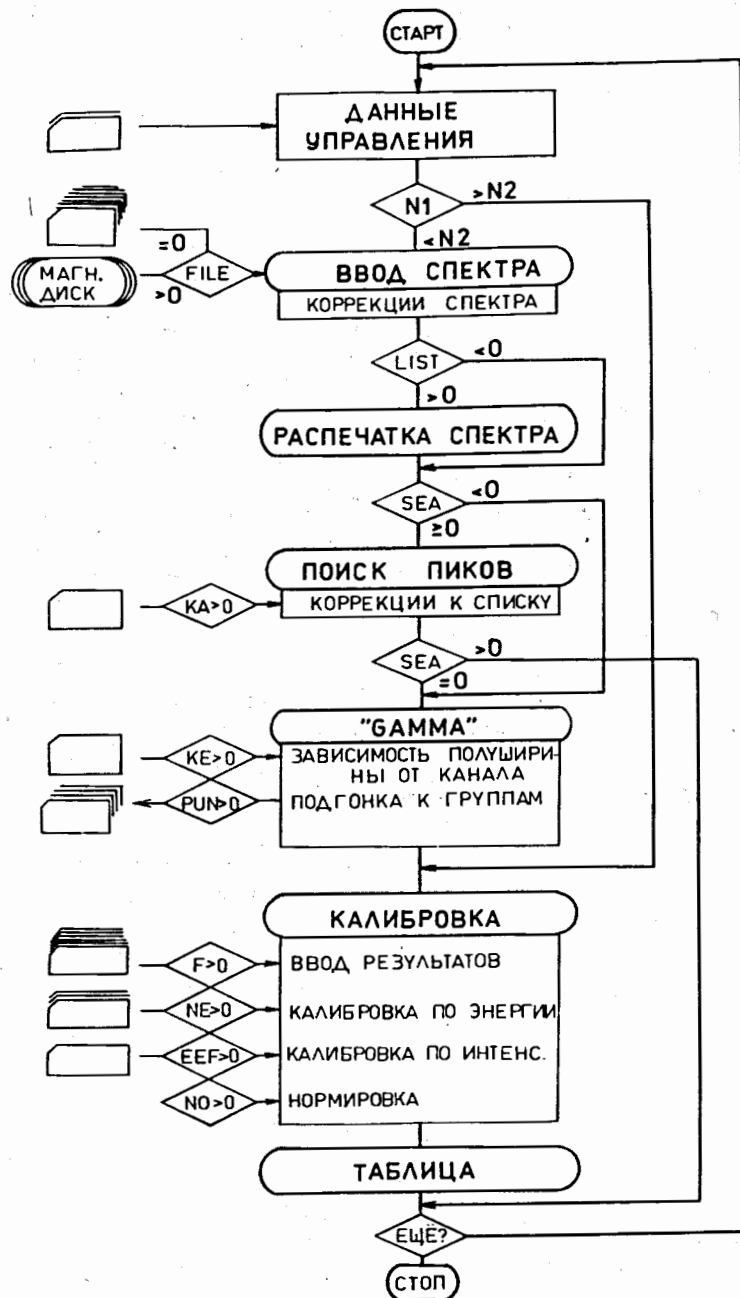


Рис. 4. Блок-схема программы "SPECTR" по модулям в зависимости от управляющих параметров.

энергии осуществляется с помощью полинома от первой до третьей степени. Соответствующие величины энергии печатаются в соседних колонках таблицы результатов. В ошибку по энергии включаются: неточность в определении энергии стандартного источника, статистическая ошибка определения положения пика, а также коридор ошибок при построении полинома с учетом корреляции ошибок его параметров. Эффективность спектрометра считается при помощи аналитического выражения /см. п. 3в/, и его параметры вводятся и запоминаются в модуле калибровки. Программа позволяет нормировать интенсивности пиков либо к интенсивности любого заданного пика, либо относительно самого сильного перехода.

В табл. 2 представлены результаты обработки спектра из рис. 3. Нормировка произошла на пик в канале 1871.

Программа SPECTR хранится в переводном виде на диске СДС 6200 в качестве перманентного файла. На рис. 5 показан пример колоды перфокарт для случая, когда спектры вводятся с магнитных лент. Для каждого спектра надо приготовить блок данных, содержащий как минимум три карты /+/: название спектра, управляющая карта и пустая карта /= нет коррекции/. Остальные карты требуются в зависимости от параметров управляющей карты, пробитой в формате 1615 /нули не перфорируются/. Ниже приводится объяснение этих 16 параметров:

- |            |  |
|------------|--|
| 1 FILE     | номер файла, хранящий спектр; FILE = 0 : ввод спектра на картах  |
| 2 №1       | начало спектра /если №2 < №1,  |
| 3 №2       | конец спектра /только калибровка/  |
| 4 KA       | число вводимых коррекций к списку пиков /положительный знак: добавка, отрицательный знак: удаление пика/. Если SEA < 0 : KA = числу всех пиков |
| 5 KE       | число одиночных пиков  |
| 6 ZP       | приблизительное расстояние от максимума пика до начала фона в каналах  |
| 7 VAR = 1: | полуширина варьируется   |
| 8 OUT = 0: | минимальная выдача, быстрый расчет   |
| = 1:       | таблица параметров, результатов отдельных шагов подгонки   |
| = 2:       | график на широкой печати /включается автоматически если $\chi^2 > 5$ /   |

## CONTENT OF CARD:

## REMARKS:

## FORMAT

JOB CARD		
REQUEST, TAPE 1, MT, HI, S	REQUEST MAGN. TAPE	
REWIND, TAPE 1.	REWIND IT	
INPUT.	LOAD: BINARY PROGRAM	
UNLOAD, TAPE 1.	TAPE BACK	
ATTACH (SPECTR., FROMM 62144 SPECTR, ID=LJAP, CY=1, PW=USE)	ATTACH AND LOAD PROGRAM	
SPECTR. 78g		
BINARY PROGRAM "BELINK"	SUPPLIED BY THE AUTHOR	
78g		
FILE NUMBERS	TRACK, EXPERIMENT	(13, 12)
78g		
CHANNEL, 62=PUNCH, P 80, R	CHANNEL - CARDS FOR	
CHANNEL, 64=LOCAL, P 80, R	WORKING WITH CARD-PUNCH	
CHANNEL, END	AND DISC-FILE FOR SPECTRA	
NR	TOTAL NUMBER OF SPECTRA	(12)
+ TITLE OF RUN	FREE ALPHANUMERIC TEXT	(A 80)
+ CONTROL CARD	SEE TEXT	(16 15)
+ CORRECTION OF SPECTRUM	CHANNEL, NEW CONTENT	(14, 6X, 10 17)
- PEAKS	OR CORRECTION OF SEARCH	(16 15)
- SINGLE LINES		(16 15)
- RESULT CARDS	FROM OUTPUT	
- ENERGY CARDS	CHANNEL, ENERGY, ERROR OF ENERGY (3F103)	
- EFFECTIVITY CARD	FROM EFF2PM	
DATABLOCK FOR		
NEXT SPECTRUM		
DATABLOCK FOR		
LAST SPECTRUM		
678g		

Рис. 5. Пример последовательности перфокарт для вызова программы "SPECTR" и обработки ряда  $\gamma$ -спектров.

- 9 PUN > 0 : вывод результатов на перфокарты
- 10 F : число входных карт результатов /при повторении калибровки без нового расчета пиков/
- 11 NE : число точек энергетической калибровки
- 12 EFF > 0 : коррекция на эффективность детектора /см. 36/
- 13 NO : положение пика в каналах, площадь которого нормируется на 100%
- 14 SEA < 0 : без поиска пиков  
> 0 : только поиск, нет подгонки
- 15 LIST > 0 : распечатка спектра от №1 до №2
- 16 HAND > 0 : ручное определение границ группы /задаются пределы каждой группы и степень полинома для фона/.

В конце таблицы результатов печатается время расчета для текущего спектра и коэффициент затраты времени на один пик. В среднем эта величина достигает  $1 \div 2$  сек. Таким образом, в течение 30 мин можно обработать до 20 спектров.

В различных экспериментах используются разные комбинации описанных параметров по желанию пользователя. Гибкость управления позволяет хорошо приспособиваться к очень разным требованиям. Например, были обеспечены обработкой многократные опыты радиохимиков ОЯС в экспериментах, при которых определялось улетучивание радиоактивных продуктов ядерных реакций из образцов облученных мишеней. 1000  $\gamma$ -спектров от разных материалов были предварительно просмотрены программой SUCHE и около 300 из них окончательно обработаны по программе SPECTR. Очень выгодным обстоятельством для такого подхода к обработке экспериментального материала является комбинация обеих программ и их взаимосвязанность. Так же были обработаны эксперименты, в которых наблюдалось смещенное рентгеновское излучение тяжелых мезоатомов<sup>/6/</sup>. Были получены смещения порядка 300 эВ при энергии 100 кэВ с ошибками  $\approx 40$  эВ. Точность воспроизводства калибровочных переходов достигала 15 эВ.

Опыты по исследованию захвата отрицательных про-



Таблица 2

PEAK	EFFECTIVITY CALIBRATION FOR DETECTOR		EXPERIMENT 31		J FROM 286, 1/75		ENERGY	ERROR	GENERACY	ERRCP	ZENERGY	ERROR	INTENSITY	ERROR
	POSITION	ERROR	COUNTS	ERROR	1	2								
1	3933-960	.231	1634	85	747-291	.140	747-353	.111	361.92	1.992				
2	3695-737	.63	6713	118	739-793	.136	739-801	.786	193.535	2.704				
3	3579-615	.6-8	333	54	697-379	.228	697-417	.191	6.861	1.12*				
4	3527-490	.195	18-4	96	667-526	.113	667-526	.2-9	34.421	1.832				
5	3356-346	.345	1273	84	634-131	.186	634-054	.258	22.169	2.048				
6	2849-933	1-628	182	84	535-065	.349	534-865	.237	2-32	1-164				
7	1995-313	.475	464	66	367-648	.138	367-598	.133	2-895	.4-9				
8	1888-931	.61	4598	97	346-95	.117	346-718	.177	346-645	.078				
9	1871-838	.23	10315	145	343-691	.116	343-395	.075	100.610	.794				
10	1699-023	.066	7489	149	317-922	.198	317-737	.1	31-219	.656				
11	1642-434	.8	7538	121	298-877	.197	298-649	.074	31-160	.699				
12	1577-775	.123	231	68	272-242	.199	272-242	.084	7-619	.423				
13	1496-616	.169	2399	133	262-156	.193	262-279	.091	7-619	.423				
14	1449-523	.151	2421	134	260-828	.092	260-953	.115	9-4629	.289				
15	1295-773	.170	42-3	232	223-94	.164	223-856	.103	1-867	.289				
16	1244-838	.438	486	131	215-826	.113	215-199	.132	1-867	.289				
17	1198-744	.198	174	117	211-883	.091	211-816	.118	3-953	.223				
18	1177-162	.17	9213	518	207-668	.071	207-668	.102	170-774	.233				
19	1154-704	.195	7356	131	223-678	.076	223-678	.116	12-846	1-268				
20	1128-316	.17	7-254	115	197-732	.099	197-732	.112	25-689	.437				
21	1058-894	.12	18-449	117	184-377	.069	184-377	.130	18-449	.294				
22	1038-372	.134	1743	297	177-919	.089	177-919	.130	25-689	.437				
23	1024-337	.132	7042	254	177-919	.089	177-919	.130	25-689	.437				
24	989-167	.621	4125	364	177-919	.089	177-919	.130	25-689	.437				
25	949-464	.602	481	183	177-919	.089	177-919	.130	25-689	.437				
26	934-685	.134	481	183	177-919	.089	177-919	.130	25-689	.437				
27	934-685	.134	2740	197	163-228	.108	163-228	.165	163-228	.194				
28	9-4-979	.65	15256	329	154-427	.111	154-427	.164	154-427	.194				
29	879-741	.54	43975	816	149-562	.164	149-562	.182	42-794	.794				
30	781-534	.40	3-697	151	130-392	.166	130-392	.165	23-365	.314				
31	757-871	.451	11-41	151	125-744	.145	125-744	.107	7-49	.1-9				
32	734-847	.169	12537	715	121-882	.124	121-882	.175	8-54	.447				
33	716-853	.476	3912	693	118-114	.149	118-114	.116	2-574	.447				
34	7-2-771	.1-3	28321	886	115-663	.119	115-663	.095	16-733	.563				
35	691-889	.4-5	5134	668	113-123	.073	113-123	.095	3-194	.416				
36	678-827	.066	43197	1812	109-613	.119	109-613	.173	25-94	.6-8				
37	658-888	.44	27551	516	109-613	.119	109-613	.173	25-94	.6-8				
38	644-732	.233	4177	411	109-613	.119	109-613	.173	25-94	.6-8				
39	615-819	.152	3625	183	97-284	.125	97-284	.192	2-195	.231				
40	593-334	.118	4816	176	93-590	.102	93-590	.168	1-939	.094				
41	577-648	.346	2985	370	90-475	.125	90-475	.158	2-195	.231				
42	558-713	.69	17245	4-2	86-387	.125	86-387	.158	2-195	.231				
43	516-895	.142	3795	2-7	78-897	.129	78-897	.179	4-541	.199				
44	502-828	.126	3826	181	75-923	.092	75-923	.103	1-420	.046				
45	488-183	.612	923	498	72-537	.175	72-537	.154	1-420	.046				
46	437-309	.145	3572	175	63-232	.131	63-232	.113	1-420	.046				
47	418-210	.547	1226	272	59-287	.134	59-287	.161	1-420	.046				
48	407-122	.739	867	286	57-312	.146	57-312	.177	1-420	.046				

CPU-TIME FOR THIS RUN = 44.932 SEC COEFF = .94

нов тяжелыми ядрами<sup>7/</sup> были обработаны по программам SIMPEC<sup>8/</sup> и SPECTR. Полученные экспериментальные результаты находятся в хорошем согласии друг с другом.

### 3. Вспомогательные программы

а/ Программа "BELINK" для расшифровки спектров на магнитных лентах.

Как уже сказано, существует возможность передачи спектров с помощью магнитных лент от НР 2116С на СДС 6200 с промежуточным копированием на БЭСМ-6<sup>5/</sup>. Из-за разности структуры слов и зон записи на этих машинах необходима расшифровка численного материала. Чтобы не ограничивать возможность работы при изменениях оборудования ЭВМ /например, подключение 9-дорожечного магнитофона к СДС-6400/, алгоритм расшифровки был написан отдельной программой. Бинарная версия программы BELINK представленная автором пользователям, является вторым рекордом в задаче /см. рис. 4/. Третий рекорд - все номера спектров, обрабатываемые в конкретном случае. Номер спектра FILE состоит из номера трека NT и номера эксперимента NEX т.е. FILE = 100 \* NT + NEX. Вводные данные оканчиваются пустой картой. Расшифрованные спектры пишутся на магнитный диск СДС 6200 и могут быть использованы также другими программами или распечатаны на печатающее устройство и перфокарты копированием на системные файлы OUTPUT и PUNCH.

б/ Программа "SPECDA" для проверки данных

При обработке нескольких спектров в последовательном режиме желательно контролировать корректность вводимых данных, чтобы исключить ошибки и связанный с ними расход счетного времени. Для этой цели была написана программа синтаксической проверки данных SPECDA, которая дает возможность проверить массив данных программы SPECTR при быстрой отладке /счетное время меньше 32 сек/. Программа также интерпретирует карты по характеру содержания специальными

словами /например, \*PEAKS\*, \*SINGLES\*, и т.д./, указывает ошибки и дает предупреждения общего типа (\*WARNING\*). Если ошибка обнаружена, программой печатается слово \*ERROR\*, маркируется точное место ошибки на распечатке содержания карты стрелкой и продолжается работа /до 50 ошибок/. Программа вызывается с диска командой

ATTACH(SPECDA, FROMM62144SPECTR, ID=L3AP, CY=2, PW=USE)  
SPECDA.

6/ Калибровка эффективности Ge(Li) - детектора программой "EFF 2 PM".

Для преобразования площади пика в интенсивность нужно знать эффективность детектора. Она определяется экспериментально сравнением площадей пиков измеренного одного или нескольких хорошо известных источников с табличными интенсивностями. Точки, полученные таким образом, выгодно описать аналитической формулой, зависящей от немногих параметров. В диапазоне энергий  $E_\gamma$  от 200 кэВ до 2 МэВ логарифм эффективности  $\epsilon$  приблизительно пропорционален логарифму энергии. Чтобы правильно получить спад эффективности ниже 100 кэВ, из-за поглощения в мертвых слоях придется увеличить число параметров. Существует несколько подходов. В работе было выбрано представление эффективности двумя соединенными параболой, т.е.

$$\ln \epsilon = \begin{cases} a_0 + a_1 \ln E + a_2 (\ln E)^2 & E < E_k \\ b_0 + b_1 \ln E + b_2 (\ln E)^2 & \text{при } E \geq E_k \end{cases}$$

В точке соединения парабол  $E_k$  собственные значения и первые производные обеих ветвей равны, т.е. получается пять свободных параметров для подгонки.

В программу EFF2PM в настоящее время заложен список некоторых препаратов, широко используемых с целью калибровки по эффективности /  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ,  $^{182}\text{Ta}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{56}\text{Co}$  /. По желанию пользователя этот список может быть изменен или расширен.

Вводятся карты результатов из программы SPECTR и к каждой карте задается положение соответствующего

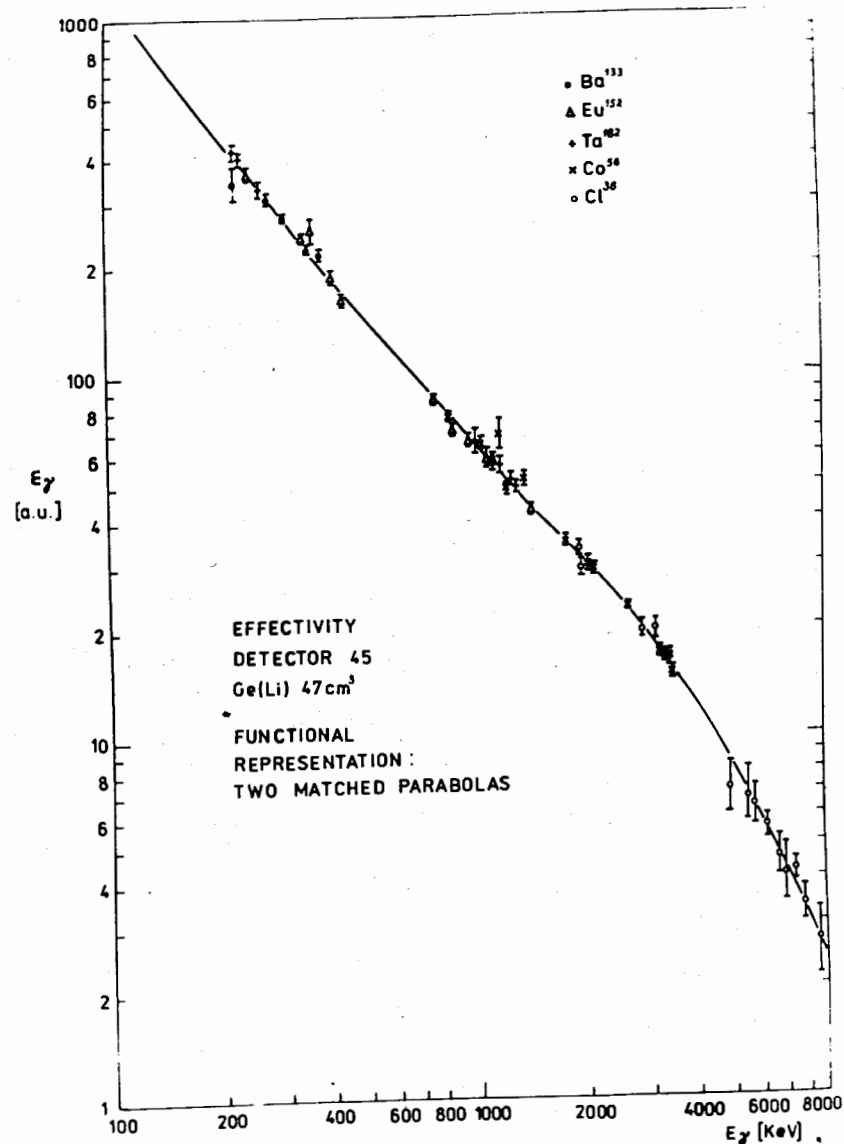


Рис. 6. Эффективность Ge(Li) - детектора определена с помощью программы "EFF2PM".

перехода в списке EFF $\Sigma$ PM /при каждом применении список выдается на печать/. Распределение данных в группы и их нормировка друг с другом путем подгонки происходит 'автоматически. В качестве результата, кроме всех входных данных и их репродукции подгонкой, появляется таблица эффективности детектора. Выдается перфокарта с номером детектора, с датой калибровки и всеми параметрами формулы, которая служит вводной картой для программы SPECTR. На рис. 6 показан пример работы программы.

Автор благодарит доктора Г. Винтера за многочисленные обсуждения и Г. Винель за помощь при просмотре рукописи.

#### Литература

1. A. Robertson, W. V. Prestwich, T. J. Kennett. *Nucl. Instr. and Meth.*, 100, 317 (1972).
2. W. D. Fromm. *ZfK-218, Rossendorf, 1971.*  
G. Winter. *ZfK-249, Rossendorf, 1973.*
3. G. Winter. *ZfK-162, Rossendorf, 1969.*
4. Р. Арльм, Г. Винтер, С. В. Медведь, Г. Музиоль, А. Н. Синаев, З. А. Усманова, В. Д. Фромм, Н. А. Чистов, Х. Штрусный. *ОИЯИ, Р6-6227, Дубна, 1972.*
5. С. Р. Аврамов, В. С. Буццев, А. В. Гусев, В. Д. Фромм, *ОИЯИ, 10-9095, Дубна, 1975.*
6. W. D. Fromm, D. Gansorig, T. Krogulski, H. G. Ortlepp, S. M. Polikanov, B. M. Sabirov, U. Schmidt, R. Arlt, R. Engfer, H. Schneuwly. *Phys. Lett.*, 55B, 377 (1975).
7. V. S. Butsev, D. Chultem, D. Gansorig, Yu. K. Gavrilo, S. M. Polikanov. *JINR, E6-8535, Dubna, 1975.*
8. С. Р. Аврамов, В. М. Цупко-Ситников. Тезисы докладов XIV Совещания по ядерной спектроскопии и теории атомного ядра. *ОИЯИ, Д6-8846, Дубна, 1975.*

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 июля 1975 года.