

6. Lloyd E. The Assessment of Radioactivity Body Burdens of the Alkaline Earths. Assessment of Radioactivity in Man, IAEA, Vienna, 1964, v. 11, p. 329-343.

7. Лихтарев И.А., Краснощекова Г.П., Доброскок А.И. Камерный анализ и изучение метаболизма стронция-85 при несовершенном остеогенезе. - "Медицинская радиология", т. XVII, № 1, 1972, с. 70-86.

8. Hine G.J., Johnston R.E. J. of Nuclear Medicine, 1970, с. XI, N 7, p. 468-469.

9. Оценка доз излучения в США в 1960-2000 гг. М., Атомиздат, 1973, с. 3-96.

10. Alkaline Earth Metabolism in Adult Man, Health Physics, 1973, v. XXIV, N 2, p. 129-221. Auth.: J.H. Marshall, E.L. Lloyd, J. Rundo, J. Liniecki, G. Martdi, C.W. Mays, H.A. Sissons, W.S. Snyder.

11. Агранат В.З., Книжников В.А., Лясс Ф.М. Допустимые уровни облучения организма, обследуемых в радиоизотопной диагностике. - "Медицинская радиология", 1971, т. 16, № 6, с. 3-10.

СЖАТИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ БИНАРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

В. И. Мухин, Г. А. Федоров

Астрофизические исследования и исследование природных ресурсов Земли, проводимые при помощи космических аппаратов, привели к необходимости передавать большой объем цифровой информации по каналам связи с ограниченной пропускной способностью. Задача сокращения объема передаваемой информации может быть решена путем сжатия информации и применения эффективной системы кодирования [1]. В работах [2, 3] показана возможность сжатия аппаратурных спектров, полученных при помощи сцинтилляционных и полупроводниковых детекторов, методами порогового считывания и зонального исключения и исследована эффективность блочного и нелинейного сжатия гамма-спектров [3] при использовании преобразования Уолша.

Любая аппаратурная спектральная функция φ_i имеет определенную структуру, под которой здесь понимается нали-

чие детерминированных закономерностей в их построении. Линейное преобразование функции φ_i при соответствующем выборе матрицы \hat{H} ,

$$F_j = \sum_{i=1}^N H_{ij} \varphi_i, \quad j=1, 2, \dots, N \quad (1)$$

(N — число точек, в которых задана функция φ_i) концентрирует информацию, благодаря корреляции точек значений исходной функции, в небольшом числе точек функции F_j , что приводит к простым алгоритмам сжатия в пространстве образов. Полученная после сжатия функция $F_j^{сж}$ поступает в канал связи и затем в приемнике с помощью преобразования

$$\varphi_i^{кж} = \sum_{j=1}^M H_{ij}^{-1} F_j^{сж} \quad (2)$$

переводится в пространство оригиналов, где отношение N/M характеризует степень сжатия. Сжатие должно быть эффективно, т.е. степень сжатия должна быть высокой при заданном критерии ухудшения сжимаемой функции, устойчиво к погрешностям передачи при принятой системе кодирования и легко осуществимо. Этим требованиям удовлетворяют способы сжатия, основанные на использовании преобразований Уолша и Хаара [4], допускающих быстрые алгоритмы вычисления коэффициентов F_j на ЭВМ и требующие соответственно $N \log_2 N$ и $2(N-1)$ операций сложения и вычитания при $N=2^m/m$ — натуральное число). Вопросы кодирования в настоящей работе не рассматриваются.

В матрице \hat{H} , заданной преобразованием Хаара, элементы которой состоят из 1, 0 и -1, многие элементы равны 0. Это приводит к тому, что при нахождении коэффициентов F_j учитывается лишь локальное поведение функции φ_i на интервале, причем интервал тем меньше, чем больше индекс коэффициента, в отличие от преобразования Уолша, когда учитывается поведение φ_i на всем интервале ее определения. При $j > \frac{N}{2}$ для вычисления F_j используется пара значений φ_i , если \hat{H} — матрица Хаара.

На рис. 1 и 2 приведены зависимости значений квадратических функционалов $A = \sum_i (\varphi_i - \varphi_i^{сж})^2$ и $B = \sum_i \frac{(\varphi_i - \varphi_i^{сж})^2}{\varphi_i}$ от относительного числа переданных компонент F_j при пороговом (рис. 1) и зональном (рис. 2) сжатии на основании преобразований Хаара и Уолша. Вид сжимаемых функций приведен на рис. 3. Значения функционалов нормированы на еди-

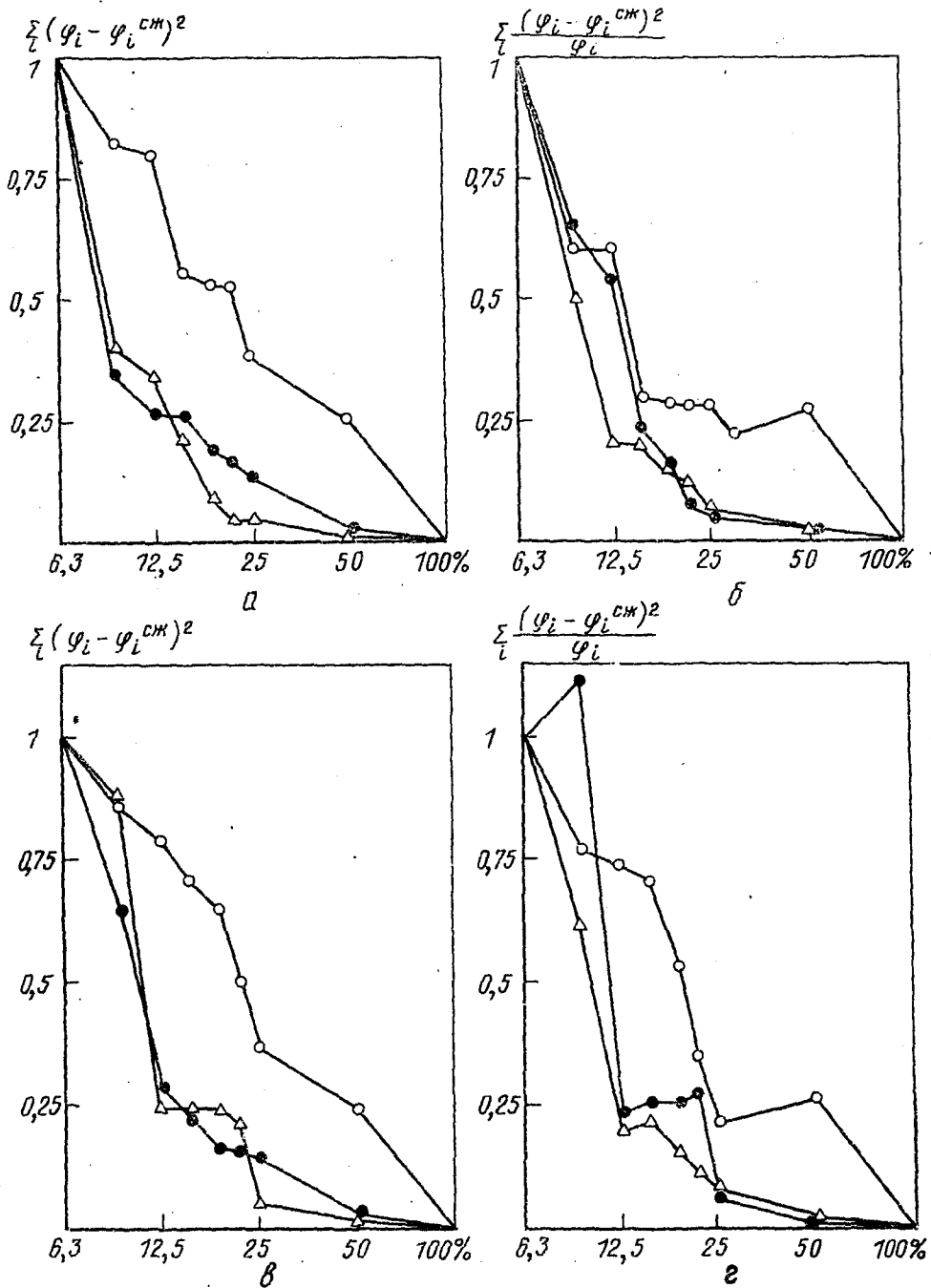


Рис. 1. Зависимость функционалов А и Б от числа передаваемых компонентов при пороговом сжатии при использовании преобразований Хаара (а и б) и Уолша (в и г):

Значения функционалов нормированы к единице при передаче 6,3% компонентов их общего числа:

О, Δ, ● — функции I, II и III типа соответственно (см. рис. 3)

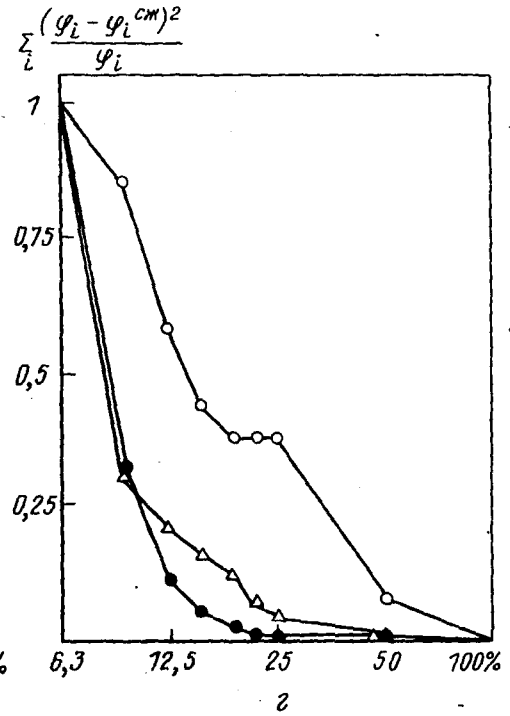
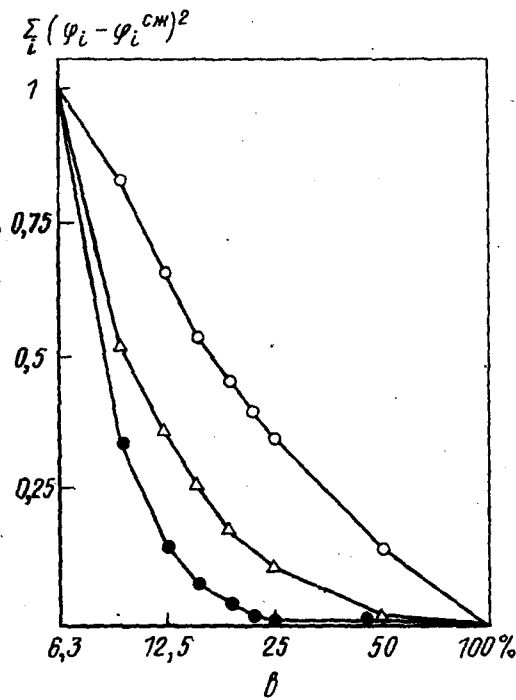
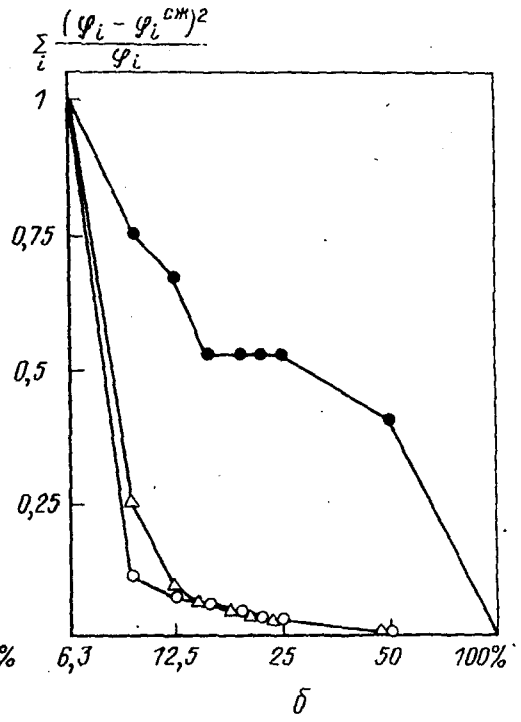
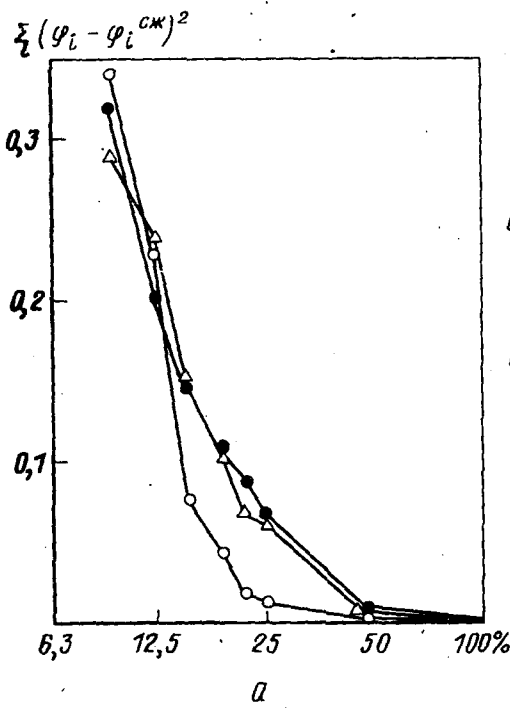


Рис. 2. Зависимость функционалов А и Б от числа передаваемых компонентов (отн. ед.) при зональном сжатии при использовании преобразований Хаара (а и б) и Уолша (в и г). Обозначения те же, что и на рис. 1

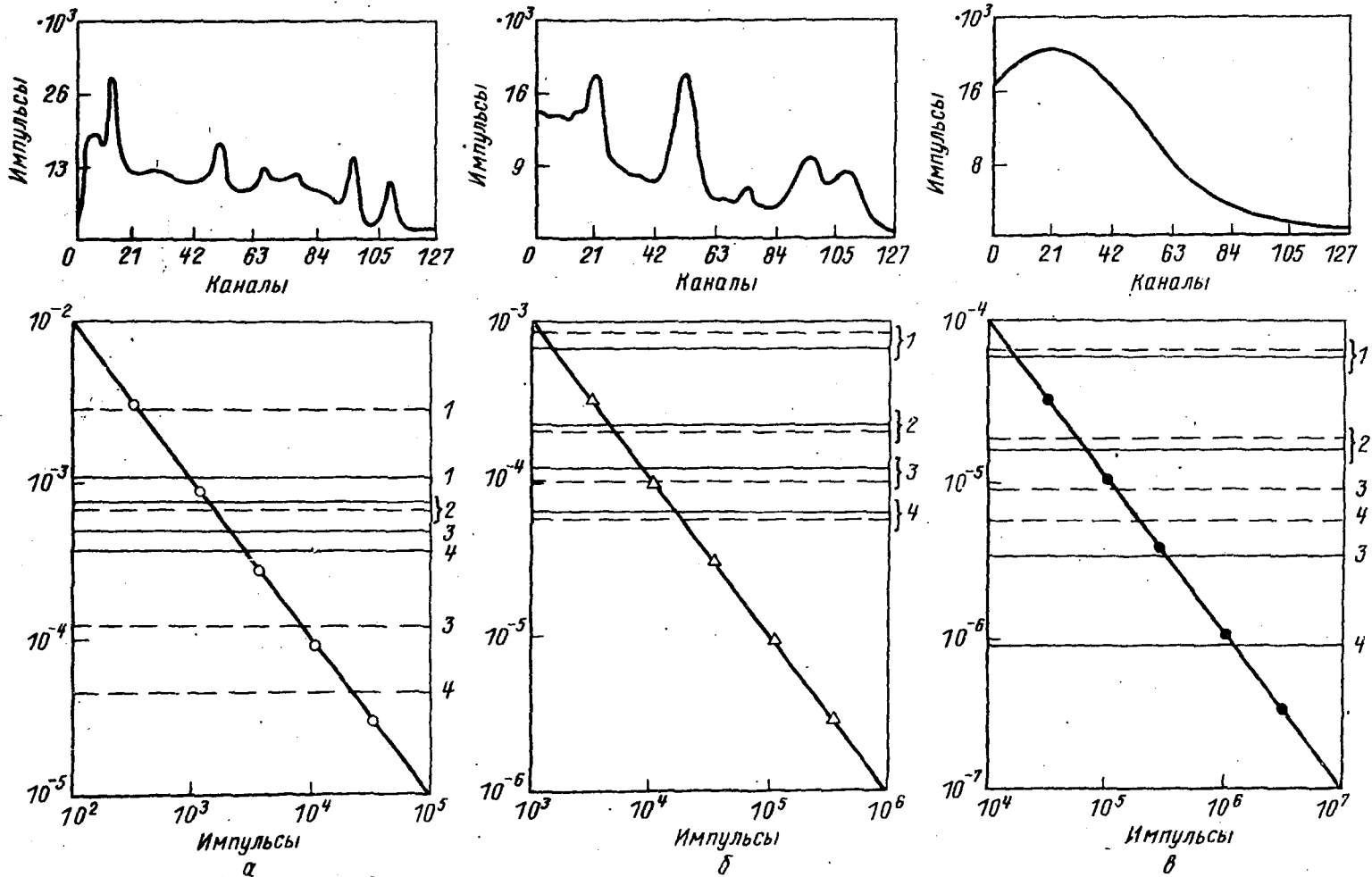


Рис. 3. Зависимость функционалов b (наклонные прямые) и δ (горизонтальные прямые) для функций трех типов (I, II и III) от суммарного числа импульсов $\sum \varphi_i$ при пороговом сжатии при использовании преобразований Хаара (пунктирная) и Уолша

ницу при числе передаваемых компонентов, составляющих 6,3% общего количества. На всех рисунках промежуточные значения получены линейной интерполяцией. При пороговом сжатии передаются компоненты, амплитуда которых превышает заданный порог дискриминации. При этом минимизируется значение квадратичских функционалов А и Б, так как в пространстве образов отбрасываются компоненты F_j с малыми амплитудами. При зональном сжатии передаются лишь компоненты в пределах заранее выбранных зон, начинающихся при $j=1$ и заканчивающихся при $j=2^p$ ($p=0,1,\dots,m$). Монотонное убывание кривых на рис. 1,а и 1,в иллюстрирует оптимальность метода порогового считывания по отношению к минимизации функционала А при использовании преобразования Хаара и Уолша, причем более негладкая функция I типа (рис. 3,а) эффективней сжимается с помощью преобразования Хаара, а гладкая функция III типа - с помощью преобразования Уолша. Аналогичный вывод позволяют сделать и значения функционала Б. При сжатии с помощью метода зонального исключения (рис. 2) значения функционалов убывают медленней, т.е. зональное сжатие менее эффективно, и преобразования Хаара и Уолша обладают примерно одинаковой эффективностью.

На рис. 3 приведены зависимости значений функционалов

$$\sigma(\sum_i \varphi_i) = \frac{\sum_i \varphi_i}{(\sum_i \varphi_i)^2} = \frac{1}{\sum_i \varphi_i} \quad \text{и} \quad \delta(\sum_i \varphi_i) = \frac{\sum_i (\varphi_i - \varphi_i^{сж})^2}{(\sum_i \varphi_i)^2} = \frac{A}{(\sum_i \varphi_i)^2}$$

для функций трех типов при передаче 6,3, 12,5, 18,7 и 25% компонентов F_j от их общего числа. Очевидно, что первый функционал σ равен обратной величине суммарной статистической дисперсии значений функции φ_i . Области между осями координат под наклонными прямыми соответствуют условиям сжатия, при которых $\delta \leq \sigma$, т.е. когда теряемая при сжатии информация не больше неопределенности в определении функции φ_i , связанной со статистической погрешностью ее значений. Анализируя полученные результаты, можно заключить, что, во-первых, преобразование Хаара наиболее эффективно для сжатия негладких функций при использовании как метода порогового считывания, так и зонального исключения, во-вторых, при любой величине суммарной дисперсии измеренных значений функции φ_i существует степень порогового сжатия функции, при которой теря-

емая информация, определяемая функционалом δ , соответствует потери информации из-за статистической флуктуации результатов β . Например, при числе сосчитанных импульсов $1,3 \cdot 10^4$ (около 100 импульсов в канале) достижима степень сжатия, равная 4 для функций I и II типа, при передаче 25% компонентов их общего числа и степень сжатия 16 для функции III типа при передаче 6,3% компонентов их общего числа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Понсен Т. Использование преобразования Адамара для кодирования и сжатия сигналов изображения. - "Зарубежная радиоэлектроника", 1972, № 3, с. 30-56.

2. Мухин В.И., Федоров Г.А. Исследование возможности сжатия регистрируемой информации в ядерной спектроскопии на основе преобразования Уолша. - Прикладная ядерная спектроскопия. Вып. 5. М., Атомиздат, 1975, с. 30-37.

3. Мухин В.И., Федоров Г.А. Методы и эффективность сжатия на основе преобразования Уолша передаваемой спектральной информации. Программа и тезисы докладов XXV Совещания по ядерной спектроскопии и структура атомного ядра. М., "Наука", 1975, с. 446-447.

4. Shore J.E. On the Application of Haar Functions. - IEEE Trans., 1973, v. COM-21, N 3, p.209-216.

ДВУМЕРНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СКАНИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

*Г. А. Федоров, В. И. Мухин,
Г. Г. Северюхин, З. М. Иванова*

В работе [1] показано преимущество интегральных методов сканирования радиоактивных объектов перед традиционными. Применение интегральных систем регистрации, построенных с использованием матриц Адамара, состоящих из 1 и -1, дает наибольший выигрыш в уменьшении дисперсии результатов, обусловленной фоновым излучением преобразователя и аппаратуры. Необходимость применения $2N$ различных коллиматоров, где N - число участков сканирования, и биполярных (разностных) схем регистрации ограничивает