

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



С 346.55
Г - 348

29/ix-75

P1 - 9032

В.И.Генчев, В.Д.Кекелидзе, В.Г.Кривохижин,
В.В.Кухтин, М.Ф.Лихачев, И.Манно, Х.-Э.Рызек,
И.А.Савин, Л.В.Сильвестров

3737/2-75

ДАЛЬНЕЙШЕЕ ИЗУЧЕНИЕ ФОРМФАКТОРОВ

В $K^0_{\mu 3}$ -РАСПАДАХ

1975

P1 - 9032

В.И.Генчев, В.Д.Кекелидзе, В.Г.Кривохижин,
В.В.Кухтин, М.Ф.Лихачев, И.Манно, Х.-Э.Рызек,
И.А.Савин, Л.В.Сильвестров

ДАЛЬНЕЙШЕЕ ИЗУЧЕНИЕ ФОРМФАКТОРОВ

В $K^0_{\mu 3}$ -РАСПАДАХ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Генчев В.И., Кекелидзе В.Д., Кривохижин В.Г.,
Кухтин В.В., Лихачев М.Ф., Манно И., Рызык Х.-Э.,
Савин И.А., Сильвестров Л.В.

PI - 9032

Дальнейшее изучение формфакторов в $K_{\mu 3}^0$ -распадах

Проведен анализ 67839 $K_{\mu 3}^0$ -распадов, зарегистрированных в опытах по изучению трансмиссионной регенерации нейтральных каонов. Для векторного и скалярного формфакторов найдено два решения, согласующихся с линейной аппроксимацией. В предположении μ -е-универсальности получено

$$\lambda_+ = 0,045 \pm 0,004 \text{ и } \lambda_0 = 0,025 \pm 0,006.$$

Показано, что в $K_{\mu 3}^0$ -распадах доминирует векторная связь в матричном элементе.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1975

Genchev V.I., Kekelidze V.D.,
Krivokhizhin V.G., Kukhtin V.V.,
Likhachev M.F., Manno I., Ryzek H.-E.,
Savin I.A., Silvestrov L.V.

PI - 9032

Further Investigation of Form Factors
in $K_{\mu 3}^0$ -Decays

An analysis has been performed of 67839 $K_{\mu 3}^0$ -decays recorded in the experiments on transmission regeneration of neutral kaons. Two solutions which agree with the linear approximation have been found for vector and scalar form factors. In the assumption of μ -e-universality it was found that

$$\lambda_+ = 0,045 \pm 0,004 \text{ and } \lambda_0 = 0,025 \pm 0,006.$$

It is shown that in $K_{\mu 3}^0$ -decays the vector coupling in matrix element dominates.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1975

Изучение формфакторов в полуплеетонных распадах K_L^0 -мезонов в зависимости от квадрата переданного четырехимпульса лептонной пары позволяет получить ценную информацию о структуре слабого взаимодействия, а также проверить некоторые модели сильного взаимодействия /1/.

В данной работе представлены результаты исследования адронного тока с изменением странности, входящего в определение матричного элемента $K_L^0 \rightarrow \pi \mu \nu$ -распада.

К настоящему времени опубликован ряд работ /2+5/, в которых определены параметры линейной зависимости формфакторов от квадрата переданного четырехимпульса в $K_{\mu 3}^0$ -распадах. Наблюдается значительный разброс в экспериментальных величинах этих параметров.

В работе /2/ было показано, что в одном и том же эксперименте получаются два набора этих параметров и, например, без дополнительного предположения о μ -е-универсальности затруднительно отдать предпочтение одному из этих решений. Эти результаты были получены на основе зарегистрированных $K_{\mu 3}^0$ -распадов в опытах по изучению трансмиссионной регенерации нейтральных каонов на водороде /6/. На наличие двух минимумов χ^2 при определении формфакторов в распаде $K_{\mu 3}^0$ также указывалось в работах /11, 12/.

Учитывая ситуацию с имеющимися экспериментальными результатами о формфакторах в $K_{\mu 3}^0$ -распадах, мы представляем новые экспериментальные результаты по этому вопросу. Они основаны на изучении распадов K_L^0 -мезонов с участием двух заряженных частиц, зарегистрированных бесфильмовым искровым

спектрометром /7/ (рис.1) в опытах по изучению трансмиссионной регенерации нейтральных каонов на дейтерии /8/.

В этом эксперименте было записано на магнитные ленты около 1.1 миллионов " распадов" нейтральных каонов, из которых для окончательного анализа экспериментальных данных было отобрано 67839 K^0_{M3} -распадов.

Методика выделения K^0_{M3} -распадов и процедура анализа данных описаны в работе /2/.

Отличие экспериментов по изучению трансмиссионной регенерации нейтральных каонов на дейтерии от экспериментов на водороде состояло в следующем:

1. В состав установки дополнительно были включены сцинтиляционные счётчики детектора мюонов 1' и 8' (см. рис.1), что увеличило примерно на 20% эффективность регистрации мюонов детектором мюонов по отношению к рабочим триггерам.

2. Толщина дейтериевой мишени-регенератора /9/ была 51.12 г/см², что более чем в 2 раза превышает толщину водородной мишени -регенератора /10/, равную 21,3 г/см². Это привело к необходимости учета многократного упругого рассеяния K^0_L мезонов в дейтериевой мишени. Доля такого сорта событий в окончательно отобранных K^0_{M3} -распадах составляет около 5%.

Кроме этого, с целью улучшения точности результатов число моделированных K^0_{M3} -событий было увеличено вдвое по сравнению с работой /2/.

Данные о формфакторах найдены путем сравнения экспериментально полученной функции распределения плотности событий в

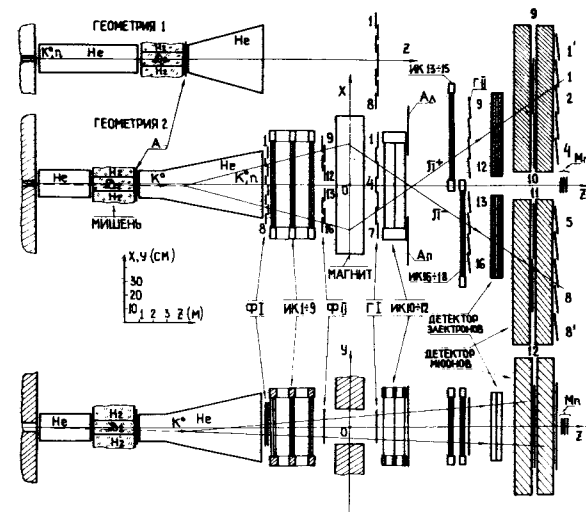


Рис.1. Схема расположения установки в экспериментах по изучению трансмиссионной регенерации нейтральных каонов на дейтерии.

Далиц-плоскости с теоретически ожидаемым распределением событий, полученным методом Монте-Карло. Моделирование событий проведено с учётом реальных условий эксперимента, и в том числе кулоновского рассеяния вторичных частиц в веществе по пути их следования в установке, неэффективности и разрешающей способности искровых камер, упругого многократного рассеяния каонов в дейтерии и реального импульсного спектра K_L^0 -мезонов, определенного в этом же эксперименте. Было отобрано 221150 генерированных событий, удовлетворяющих тем же критериям отбора, что и экспериментальные события.

На рис.2 приведено распределение, наиболее чувствительное к возможным экспериментальным ошибкам. Видно, что учёт многократного упругого рассеяния K_L^0 -мезонов в дейтерии дает лучшее согласие экспериментального распределения с распределением, полученным методом Монте-Карло, по сравнению с распределением, когда рассеяние не учитывается.

Ниже приведены результаты проделанного анализа.

Как и в работе /2/, в данной работе в модельно независимом анализе данных получено два набора значений формфакторов f_+ и f_- в каждом интервале переданных четырехимпульсов (см. рис. 3 и табл. 1). Оба эти набора значений формфакторов согласуются с гипотезой линейной зависимости формфакторов от переданного четырехимпульса.

Сравнивая эти данные с ранее опубликованными (рис.4), можно видеть, что первое из полученных нами решений ($\lambda_0 > 0$) согласуется с результатами работы /3/, а второе ($\lambda_0 < 0$) - с

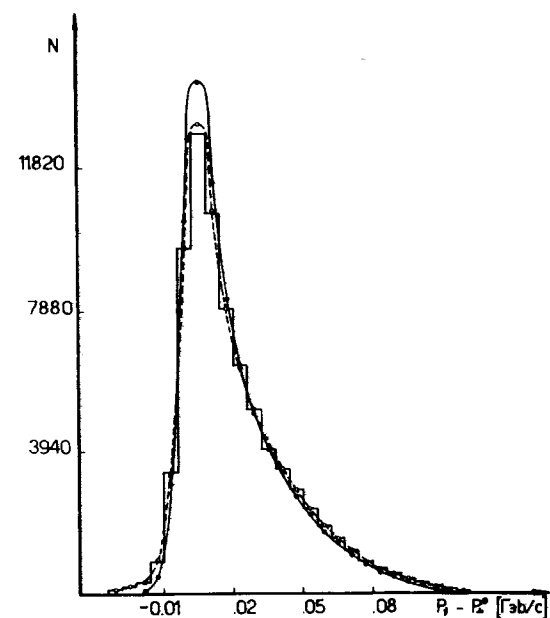


Рис.2. Распределение по $P_{\nu||}$ - продольному импульсу нейтрино в системе покоя K_L^0 - мезона.

Гистограмма - экспериментальные события.

Пунктирная кривая - события, генерированные методом Монте-Карло с учётом, а сплошная кривая - без учета многократного упругого рассеяния K_L^0 мезонов в дейтериевой мишени - регенераторе.

Таблица I

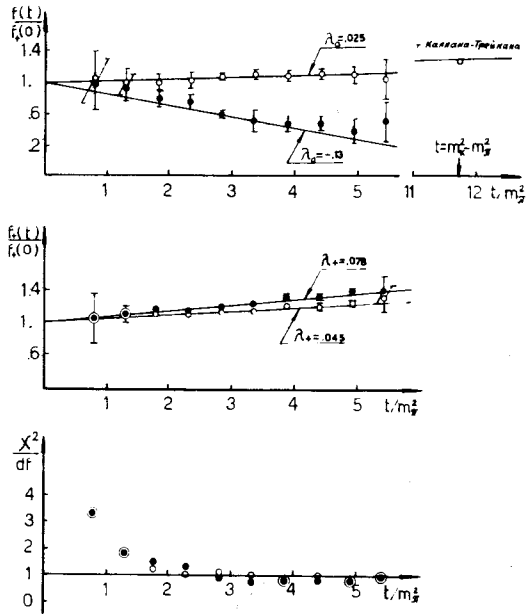


Рис.3. Зависимость формфакторов от квадрата переданного импульса лептонной паре в модельно-независимом анализе данных.

○ - первое решение,
● - второе решение.

Сплошные линии - результат обработки данных методом наименьших квадратов.

	t/m_π^2	$f_+(t)/f_+(0)$	$f(t)/f_+(0)$	χ^2/DF
Решение 1	.77	1.05 ± 0.29	1.06 ± 0.34	3.3
	1.28	1.09 ± 0.09	1.01 ± 0.14	1.8
	1.80	1.11 ± 0.04	1.00 ± 0.11	1.22
	2.31	1.09 ± 0.04	1.03 ± 0.10	1.05
	2.82	1.11 ± 0.03	1.08 ± 0.04	1.11
	3.33	1.13 ± 0.04	1.10 ± 0.07	1.01
	3.85	1.20 ± 0.04	1.08 ± 0.07	0.82
	4.36	1.19 ± 0.05	1.12 ± 0.07	0.94
	4.87	1.24 ± 0.07	1.10 ± 0.10	0.86
	5.38	1.31 ± 0.19	1.04 ± 0.25	0.92
Решение 2	.77	1.05 ± 0.29	0.98 ± 0.32	3.3
	1.28	1.09 ± 0.09	0.93 ± 0.14	1.8
	1.80	1.17 ± 0.04	0.80 ± 0.10	1.52
	2.31	1.15 ± 0.04	0.75 ± 0.11	1.30
	2.82	1.21 ± 0.02	0.60 ± 0.05	0.88
	3.33	1.24 ± 0.03	0.51 ± 0.13	0.76
	3.85	1.32 ± 0.02	0.48 ± 0.10	0.78
	4.36	1.33 ± 0.03	0.50 ± 0.11	0.82
	4.87	1.38 ± 0.04	0.39 ± 0.15	0.80
	5.38	1.40 ± 0.18	0.52 ± 0.26	0.94

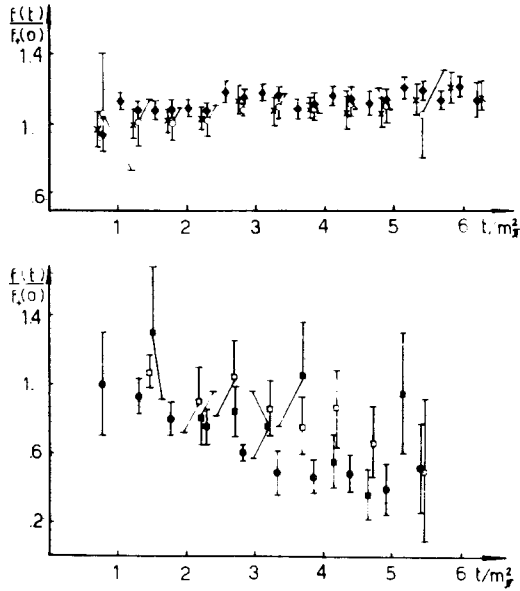


Рис.4. Сравнение наших результатов с результатами других работ: \circ , \bullet - наши данные для решений I и 2, соответственно, \blacklozenge - работа /3а/, \blacklozenge - работа /4/, \square - работа /5/, \boxplus - работа /3б/.

результатами работ /4,5/. Результаты работы /2/ полностью согласуются с настоящими. Результаты модельно зависимого анализа приведены на рис. 5, 6 и в табл. 2.

В табл. 3 приведены суммарные данные полученные в данной работе и в работе /2/.

Показано существование двух минимумов, которые могут быть сопоставлены с результатами предыдущих работ.

Выбор истинного решения можно сделать с помощью гипотезы μ -е-универсальности.

Из рис.5 и 6 видно, что в этом случае сильное предпочтение отдается первому решению ($\lambda_0 > 0$).

Те же экспериментально отобранные $K^0 \mu 3$ -распады использовались для проверки V-A теории в слабых взаимодействиях.

В общем случае матричный элемент $K^0 \mu 3$ -распада имеет вид /1/:

$$M \sim m_{K^0} f_s \bar{u}_\mu (1 + \gamma_5) u_\nu + \frac{1}{\sqrt{2}} [f_+(K+q)_\lambda + f_-(K-q)_\lambda] \bar{u}_\mu \gamma_\lambda (1 + \gamma_5) u_\nu + \frac{f_T}{2m_{K^0}} [K_\lambda q_\lambda - K_\lambda q_\nu] \bar{u}_\mu \gamma_{\lambda\nu} (1 + \gamma_5) u_\nu,$$

где K и q - 4-импульсы каона и пиона.

Плотность распределения в Далиц-плоскости описывается выражением:

$$\rho(E_\nu^*, t) dE_\nu^* dt = \left\{ |F_1|^2 E_\pi^{*2} + |F_2|^2 m_{K^0} (2E_\nu^* E_\pi^* - m_{K^0} E_\pi^{*2}) + 2 \operatorname{Re} F_1 F_2^* m_\pi E_\nu^* \right\} dE_\nu^* dt,$$

где

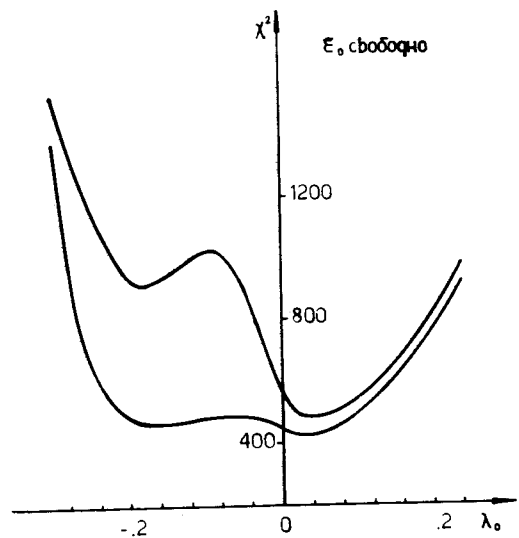


Рис.5. Зависимость χ^2 от λ_0 . Нижняя кривая λ_+ - свободный параметр. Верхняя кривая - $\lambda_+ = 0.03I \pm 0.004$. $\xi_0 = 1$.

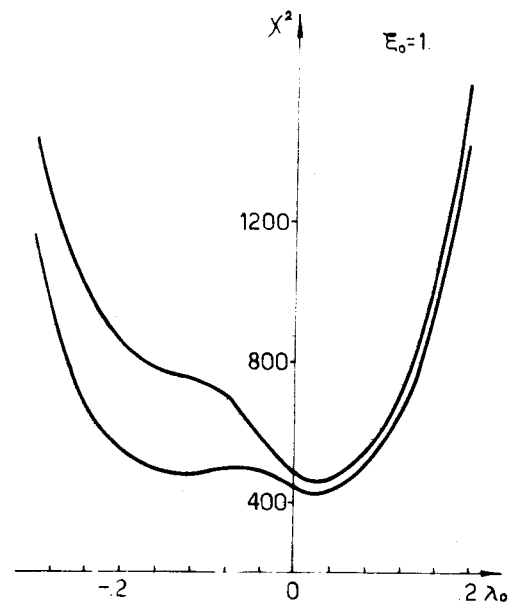


Рис.6. Аналогичные зависимости χ^2 от λ_0 , когда ξ_0 есть свободный параметр.

Таблица 2

Решение	Параметры	$\xi_0 = I$	ξ_0 своб.
1	λ_+	0.044 ± 0.005	0.044 ± 0.004
	λ_0	0.025 ± 0.007	0.025 ± 0.008
	ξ_0	I.	1.004 ± 0.015
	$\chi^2/DF (DF)$	1.19 (356)	1.19 (355)
2	λ_+	0.077 ± 0.002	0.084 ± 0.002
	λ_0	-0.125 ± 0.009	-0.155 ± 0.010
	ξ_0	I.	1.152 ± 0.015
	$\chi^2/DF (DF)$	1.32 (356)	1.32 (355)

Таблица 3

Решение	Параметры	$\xi_0 = I$	ξ_0 своб.
1	λ_+	0.045 ± 0.004	0.044 ± 0.004
	λ_0	0.025 ± 0.006	0.025 ± 0.008
	ξ_0	I.	1.004 ± 0.015
2	λ_+	0.077 ± 0.002	0.084 ± 0.002
	λ_0	-0.127 ± 0.008	-0.155 ± 0.008
	ξ_0	I.	1.152 ± 0.015

$$F_1 = m_K \cdot f_S - \frac{m_M}{\sqrt{2}} (f_+ - f_-) - (E_M^* - E_V^*) f_T,$$

$$F_2 = \sqrt{2} f_+ + \frac{m_K}{m_{K^0}} f_T,$$

$$E_{\pi}^{*'} = E_{\pi \max}^* - E_{\pi}^* = \frac{m_{K^0}^2 + m_{\pi}^2 - m_{\pi}^2}{2 m_{K^0}} - E_{\pi}^*.$$

f_S и f_T - формфакторы, ответственные за скалярную и тензорную связь в матричном элементе.

На рис.7 представлена плотность распределения экспериментально отобранных K^0_{M3} -распадов в Далитц - области (показаны точками). Видно, что распределение совпадает со сплошными кривыми, которые получены методом Монте-Карло, когда имеет место только векторная связь. Это согласие можно установить количественно, которое нами сделано в двух случаях:

а) предполагая, что $f_T \equiv 0$ или

б) предполагая, что $f_S \equiv 0$.

В обоих случаях были использованы значения для формфакторов f_+ и f_- , для которых $\lambda_0 > 0$.

Результаты, которые находятся в согласии с результатами работы /II/, приведены в табл. 4.

Проведенный анализ 67839 K^0_{M3} -распадов указал (как и в работе /2/) на существование двух решений для параметров линейно разложения формфакторов f_+ и f_- . Методом Монте-Карло показано, что такая неоднозначность связана с конкретным видом квадратической функции, описывающей плотность распределения кинематических параметров K^0_{M3} -распада в Далитц-плоскости. Результаты предыдущих работ согласуются либо с первым, либо со вторым из найденных решений. Привлечение гипотезы $M-e$ -уни-

Таблица 4

$ f_s'/f+1 $	$ f_T/f+1 $
0.03 ± 0.02	0.12 ± 0.12
< 0.05 (68% у.д.)	< 0.24 (68% у.д.)

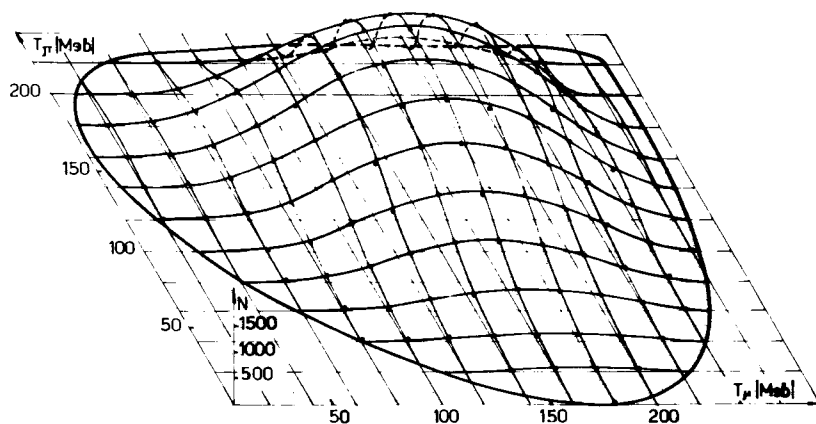


Рис.7. Распределение K^0_{MS} событий в Далицц-плоскости.

\circ - экспериментальные значения. Сплошные кривые - теоретические, вычисленные методы Монте-Карло в предположении, что вклад в матричный элемент вносят только векторные токи.

версальности позволяет выбрать одно из этих решений, а именно, с $\lambda_0 > 0$. Это решение хорошо согласуется с предсказаниями Каллана-Треймана ^{/13/}, вытекающими из теоремы мягких пионов и алгебры токов. Анализ данных по проверке V-A-теории показал, что в K^0_{MS} -распадах доминирует векторная связь в матричном элементе.

Авторы благодарны В.К.Гирулеву, А.С.Вовенко, Т.С.Григалашвили, Б.Н.Гуськову, Ф.Деак, И.М.Иванченко, Г.И.Саломатину, В.Е.Симонову, П.Т.Тодорову за помощь в получении первичных экспериментальных данных с помощью бесфильмового искрового спектрометра, действующего на Серпуховском ускорителе и признательны Г.Вестергомби, Э.Надь, М.Новаку и Г.Г.Тахтамышеву за помощь в обработке данных на ЭВМ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. L.-M. Chounet et.al., Phys.Rev., 4C, N 5 (1972).
2. К.-Ф. Альбрехт и др., ЯФ т.19, 1247 (1974).
Phys.Lett., 48B, 393 (1974); КФКИ-73-46, Budapest, (1973).
- 3a. G. Donaldson et.al., Phys.Rev.Lett., 31, 337 (1973);
Phys.Rev., D8, 2960 (1974).
- 3b. C.D. Buchanan et.al., Phys.Rev., D11, 457 (1975).
4. M.G. Albrow et.al., Nucl.Phys., B44, 1 (1972).
5. E. Dally et.al., Phys.Lett., 41B, 647 (1972).
6. V.K. Birulev et.al., JINR, E1-6851, Dubna (1972).
7. С.Г. Басилалзе и др. ОИЯИ, PI-536I, Дубна (1970).
8. К.-Ф. Albrecht et.al., Phys.Lett., 48B, 257 (1974).
9. В.Т. Борзунов и др., ОИЯИ, 8-6598, Дубна (1973).
10. Л.Б. Голованов и др., ОИЯИ, 8-5416, Дубна (1970).
11. D. Haidt et.al., Phys.Rev., D3, 10 (1971).
12. P. Basile et.al., Phys.Rev., D2, 78 (1970).
13. C.G. Callan, S.V. Treiman, Phys.Rev.Lett., 16, 153 (1966).

Рукопись поступила в издательский отдел
30 июня 1975 года.