

УДК 539.12

Э. Г. БООС, М. ИЗБАСАРОВ, Т. ТЕМИРАЛИЕВ, В. В. САМОЙЛОВ, Р. А. ТУРСУНОВ

ЭНЕРГИЯ, ПЕРЕДАВАЕМАЯ ВТОРИЧНЫМ ЗАРЯЖЕННЫМ ПИОНАМ В ПИОН-НУКЛОННЫХ И ПИОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Проведен анализ доли энергии $K_{\pi^{\pm}}$ (парциальный коэффициент неупругости), уносимой заряженными пионами в лабораторной системе координат в пион-нуклонных и пион-углеродных взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с. Среднее число заряженных мезонов $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle$ растет с увеличением парциального коэффициента неупругости, при этом во взаимодействиях π^{-} -мезонов с ядрами углерода наблюдается превышение по сравнению с соответствующим распределением в элементарном акте. Показано, что во вторичных взаимодействиях на ядрах углерода участвуют как лидирующие, так и частицы, образовавшиеся в процессе первичного взаимодействия.

Неупругие взаимодействия пионов с атомными ядрами представляют несомненный интерес в связи с тем, что характер внутриядерных взаимодействий дает информацию о пространственно-временном развитии процесса множественного рождения частиц. До сих пор нет достаточно четких теоретических описаний этих явлений прежде всего из-за проблемы многих тел (большого числа нуклонов в ядрах). По этой причине накопление экспериментальных данных очень важно в плане как выяснения механизма этих процессов, так и в прикладном отношении.

В работе на основе нового подхода анализируются экспериментальные данные по $\pi^{-}p, \pi^{-}n, \pi^{-}C$ -взаимодействиям, полученные при облучении двухметровой пропановой пузырьковой камеры ОИЯИ пучком π^{-} -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на Серпуховском ускорителе [1]. Впервые проведен анализ зависимости множественности заряженных частиц от энергии, полученной ими в лабораторной системе координат.

Введем в рассмотрение долю первичной энергии

$$K_{\pi^{\pm}} = \frac{\sum E_{\pi^{\pm}}}{E_0},$$

уносимую (в лабораторной системе координат) рожденными заряженными частицами. При вычислении значений парциального коэффициента неупругости $K_{\pi^{\pm}}$ не учитывались данные, относящиеся к лидирующим π^{-} -мезонам. В этой статье рассматривались два варианта лидирую-

щих π^{-} -мезонов, в первом варианте лидирующим считался π^{-} -мезон с импульсом больше $0,3P_0$, а во втором – с импульсом больше $0,4P_0$, где P_0 – первичный импульс π^{-} -мезона.

Вероятностные распределения числа взаимодействий по коэффициенту неупругости $K_{\pi^{\pm}}$ в $\pi^{-}p$ (сплошная линия), $\pi^{-}n$ (штриховая), $\pi^{-}C$ (точечная) – взаимодействиях, при исключении данных для лидирующих частиц с импульсом больше $0,3P_0$, показаны на рис. 1, а. На рис. 1, с представлены зависимости среднего числа вторичных пионов от доли уносимой энергии для $\pi^{-}p$ (заполненный квадрат), $\pi^{-}n$ (незаполненный квадрат), $\pi^{-}C$ (заполненный кружок) – взаимодействиях. На рис. 1, b, d приведены аналогичные экспериментальные данные (такие же, как на рис. 1, а, с) при условии исключения данных для лидирующих частиц с импульсом больше $0,4P_0$. Видно, что для ядер углерода парциальный коэффициент неупругости сдвигается в сторону больших значений $K_{\pi^{\pm}}$ (рис. 1, а, b), а средняя множественность пионов $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle$ (рис. 1, с, d) выше по сравнению с элементарным актом.

Различие средней множественности мезонов наблюдается со значений $K_{\pi^{\pm}} > 0,1$, при этом с ростом $K_{\pi^{\pm}}$ различие увеличивается, а средняя множественность мезонов достигает максимального значения $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle \sim 10$ в $\pi^{-}C$ -взаимодействиях и $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle \sim 6,5$ в $\pi^{-}p$ -столкновениях.

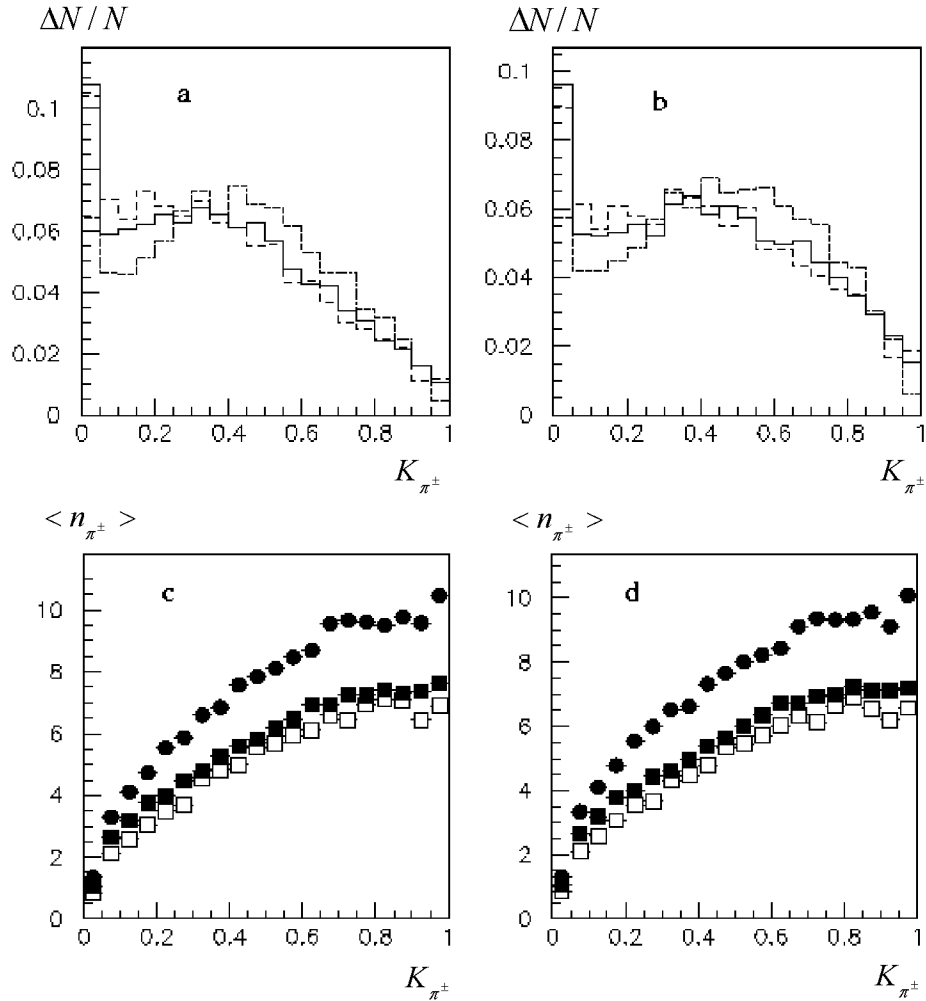


Рис. 1. Вероятностные распределения событий по коэффициенту неупругости $K_{\pi^{\pm}}$ (a,b) и зависимости средней множественности $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle$ от $K_{\pi^{\pm}}$ (c,d): а и с – при условии исключения лидирующей частицы с импульсом $> 0,3P_0$; б и д – при условии исключения лидирующей частицы с импульсом $> 0,4P_0$

Наблюдаемое незначительное превышение $\langle n_{\pi^{\pm}} \rangle$ в $\pi^- p$ -взаимодействиях по сравнению с взаимодействием π^- -мезонов на нейтроне, по-видимому, связано с начальным зарядовым состоянием взаимодействующих частиц. Превышение среднего значения $K_{\pi^{\pm}}$ и средней множественности мезонов на ядрах углерода можно объяснить за счет взаимодействия вторичных частиц с другими нуклонами ядра. Однако по поводу вторичных взаимодействий имеются разные точки зрения: одни авторы [2] считают, что вторичные взаимодействия происходят с лидирующими (сохраняется первичная частица) частицами, а другие авторы [3] утверждают наоборот.

В табл. приведены число и доля событий, а

также среднее значение коэффициента неупругости для разных типов взаимодействий, при разных условиях исключения лидирующих частиц. События, в которых суммарная энергия вторичных заряженных превышала 40 ГэВ, не учитывались.

Из данных табл. 1 видно, что доля событий с лидирующими π^- -мезонами в $\pi^- C$ -взаимодействиях меньше, чем в $\pi^- p$ -взаимодействиях. Наблюдаемый результат, возможно, связан с повторным взаимодействием лидирующих (первичных) частиц с другими нуклонами ядра углерода.

В связи с этим рассматривались отдельно характеристики взаимодействий в событиях с лидирующими π^- -мезонами и в событиях без лидирующих π^- -мезонов в пион-углеродных соударениях, а также во взаимодействиях пио-

Среднее значение коэффициента неупругости, число и доля событий

| Тип взаимодействия | Число событий | Доля событий, % | $\langle K_{\pi^+} \rangle$ | Примечания |
|--------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|---|
| π^+C | 7260 | 100 | $0,427 \pm 0,005$ | Исключены лидирующие π^- -мезоны с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+C | 5523 | 76 | $0,485 \pm 0,006$ | Без лид. π^- с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+C | 1737 | 24 | $0,239 \pm 0,006$ | С лид. π^- с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+p | 13966 | 100 | $0,384 \pm 0,003$ | Исключены лидирующие π^- -мезоны с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+p | 9314 | 67 | $0,465 \pm 0,005$ | Без лид. π^- с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+p | 4652 | 33 | $0,215 \pm 0,003$ | С лид. π^- с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+n | 5039 | | $0,371 \pm 0,005$ | Исключены лидирующие π^- -мезоны с $P \geq 0,3 P_0$ |
| π^+C | 7260 | 100 | $0,450 \pm 0,005$ | Исключены лидирующие π^- -мезоны с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+C | 6202 | 85 | $0,506 \pm 0,006$ | Без лид. π^- с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+C | 1058 | 15 | $0,185 \pm 0,006$ | С лид. π^- с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+p | 13966 | 100 | $0,424 \pm 0,004$ | Исключены лидирующие π^- -мезоны с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+p | 10882 | 78 | $0,496 \pm 0,005$ | Без лид. π^- с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+p | 3084 | 22 | $0,167 \pm 0,003$ | С лид. π^- с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+n | 5039 | | $0,414 \pm 0,006$ | Исключены лидирующие π^- -мезоны с $P \geq 0,4 P_0$ |
| π^+C | 2936 | 36 | $0,393 \pm 0,007$ | $M_t < 1$ |
| π^+C | 5267 | 64 | $0,430 \pm 0,005$ | $M_t > 1$ |
| π^+C | 3952 | 58 | $0,407 \pm 0,006$ | $Q = -1:0$ |
| π^+C | 2859 | 42 | $0,454 \pm 0,008$ | $Q \geq 1$ |

нов с квазисвободными протонами.

На рис. 2 приведены графики зависимости среднего числа вторичных пионов от K_{π^+} во взаимодействиях без лидирующих частиц (заполненная черная точка) и с лидирующими частицами (незаполненная светлая точка) в π^+C - (рис. 2, a, b) и π^+p - (рис. 2, c, d) столкновениях.

В событиях с лидирующими частицами и без лидирующих частиц наблюдается превышение средней множественности мезонов во взаимодействиях π^- -мезонов на углероде (рис. 2, a, b) по сравнению с элементарным актом (рис. 2, c, d), которое, по-видимому, свидетельствует о взаимодействии вновь образованных частиц с другими нуклонами ядра.

Известно, что взаимодействия на углероде состоят из однонуклонных и многонуклонных процессов, поэтому было бы интересно проанализировать эти процессы по новому подходу.

Нами используется метод разделения однонуклонных и многонуклонных взаимодействий, предложенный в работе [4], по величине разности электрического заряда вторичных частиц $Q = n_+ + n_-$, где n_+ и n_- – число положительных и отрицательных частиц, за исключением идентифицированных протонов с импульсом $P \approx 0,7$ ГэВ/с, и по величине массы мишени [5], оцениваемый по формуле (M_t в единицах мас-

сы протона)

$$M_t = \frac{\sum_{i=1}^n (E - P_{\parallel i})}{m_p} - \frac{(E_a - |\vec{P}_a|)}{m_p},$$

где E и P_{\parallel} – энергия и продольный импульс вторичной частицы, E_a и P_a – энергия и импульс налетающего пиона. В данной работе однонуклонными взаимодействиями считались события с $Q = 0$ и $Q = -1$ или $M_t < 1$, а многонуклонными – с $Q \neq 0$ и $Q \neq -1$ или $M_t \geq 1$.

На рис. 3 приведены парциальные коэффициенты неупругости K_{π^+} в однонуклонных взаимодействиях (сплошная гистограмма) при $Q=0$ и $Q=-1$ (рис. 3, a) и при $M_t < 1$ (рис. 3, b), а пунктирной гистограммой показаны распределения K_{π^+} в многонуклонных взаимодействиях $Q \neq 0$ и $Q \neq -1$ (рис. 3, a) и $M_t \geq 1$ (рис. 3, b) из π^+C -взаимодействий.

Видно, что распределение K_{π^+} в случае многонуклонных взаимодействий смещено в сторону больших значений K_{π^+} .

На рис. 3, c, d представлена зависимость среднего числа заряженных пионов $\langle n_{\pi^+} \rangle$ от парциального коэффициента неупругости K_{π^+} в однонуклонных (незаполненная светлая точка) и в многонуклонных (заполненная черная точ-

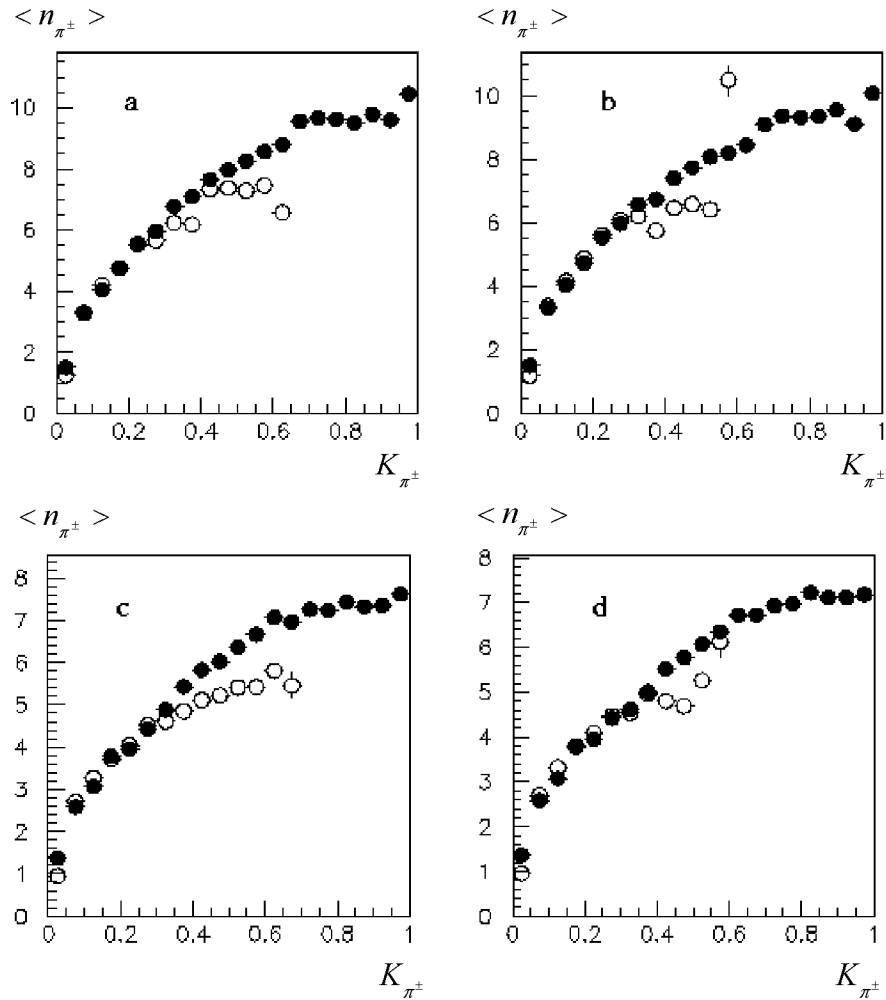


Рис. 2. Зависимость средней множественности $\langle n_{\pi^\pm} \rangle$ от коэффициента неупругости K_{π^\pm} :
 а и с – при условии исключения лидирующей частицы с импульсом $> 0,3P_0$;
 б и д – при условии исключения лидирующей частицы с импульсом $> 0,4P_0$

ка) взаимодействиях, выделенных по критериям Q и M_i . В области $K_{\pi^\pm} < 0,1$ наблюдается независимость среднего числа рожденных частиц от количества взаимодействующих нуклонов.

В многонуклонных взаимодействиях (Q_{i1} или M_{i1}) величина $\langle n_{\pi^\pm} \rangle$ увеличивается гораздо быстрее и достигает максимального значения $\langle n_{\pi^\pm} \rangle \sim 10$, тогда как аналогичная величина в однонуклонных столкновениях достигает максимального значения $\langle n_{\pi^\pm} \rangle \sim 8$.

Следует заметить, что экспериментальные данные (рис. 3) для однонуклонных π^-C -взаимодействий очень схожи с соответствующими значениями для π^-p -столкновений (рис. 1).

Из приведенных результатов вытекают новые выводы о механизме энергетических потерь первичных π^- -мезонов в ядрах углерода:

во-первых, доля событий с наблюдаемой лидирующей частицей в пион-углеродных соударениях меньше, чем в соответствующих неупругих взаимодействиях пионов с квазисвободными протонами, что указывает на вероятную потерю таких взаимодействий на углероде в связи с возможными соударениями лидирующих частиц с другими нуклонами внутри ядра;

во-вторых, средняя множественность наблюдаемого числа вторичных частиц при одинаковой доле энергии, уносимой лидирующим пионом, больше в пион-углеродных соударениях, что указывает на вероятный вклад взаимодействий

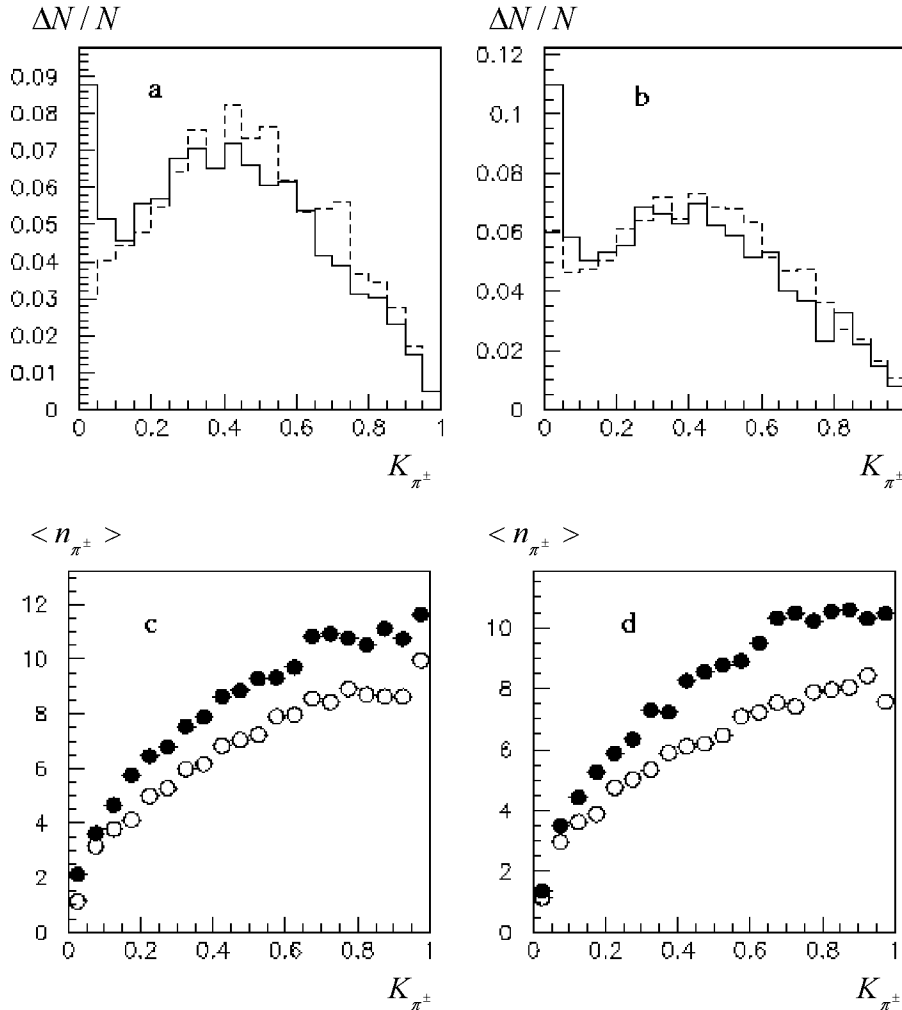


Рис. 3. Вероятностное распределения событий по величине K_{π^+} (a,b) и зависимость $\langle n_{\pi^+} \rangle$ от K_{π^+} (c,d) в π^-C -взаимодействиях. а и с – разделение взаимодействий по Q ; b и d – разделение взаимодействий по M_t

ствий рожденных частиц с другими нуклонами ядра углерода.

На основе приведенных выводов можно сделать заключение о том, что во вторичных взаимодействиях на ядрах углерода участвуют как лидирующие (сохранившиеся первичные) частицы, так и частицы, образованные в процессе первичного взаимодействия. Теоретические модели должны учитывать эти новые результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелов Н.С. и др. // Препринт ОИЯИ. P1-9785. Дубна, 1976; препринт ОИЯИ. P1-9792. 1976; препринт ОИЯИ. P1-9978. 1976.
 2. Виницкий А.Х., Гайтинов А.Ш. и др. // Множественное образование адронов. Алма-Ата, 1983. С. 43-51.
 3. Николаев Н.Н. // УФН. 1983. Т. 134. С. 369-425.

4. Ангелов Н.С. и др. // ЯФ. 1977. Т. 26. С. 811.
 5. Баатар Ц. и др. // ЯФ. 1987. Т. 46. С. 146; препринт ОИЯИ. P1-86-721. Дубна, 1986; препринт ОИЯИ. P1-87-807. Дубна, 1987.

Резюме

Импульсі 40 ГэВ/с пион-нуклондық және пион-көміртектік әрекеттестіктерде лабораторлық координаталар жүйесінде зарядталған пиондарға берілген энергия үлесіне K_{π^+} (үлестік серпімсіздік коэффициент) талдау жүргізілген. Зарядталған мезондардың орта саны $\langle n_{\pi^+} \rangle$ үлестік серпімсіздік коэффициенті ұлғайған сайын өседі, және π^- -мезондардың көміртегі ядроларымен әрекеттескенде сәйкес элементарлық актідегі үлестірілулерге қарағанда жоғары екендігі байқалады. Көміртегі ядроларындағы екінші реттік әрекеттестіктерде озық бөлшектермен қатар бастапқы әрекеттік процесте пайда болған бөлшектер де қатынасыны көрсетілген.

Summary

The analysis has been undertaken for the energy ratio K_{π^\pm} (partial coefficient of inelasticity) taken away by charged pions at laboratory coordinate system in pion-nucleon and pion-carbon interactions at momentum 40 GeV/c. The mean number of charged mesons $\langle n_{\pi^\pm} \rangle$ grows with enlarging of partial inelasticity coefficient, being larger for interactions of π^- -mesons with carbon nuclei in comparison with corresponding

distribution in elementary act. It is shown that in secondary interactions on carbon nuclei both leading particles and the particles, produced in the process of primary interaction, are participated.

Физико-технический институт МОН РК;

Центр химико-технологических исследований МОН РК,

г. Алматы

Поступила 06.01.06г.