

С 4138
Б-287

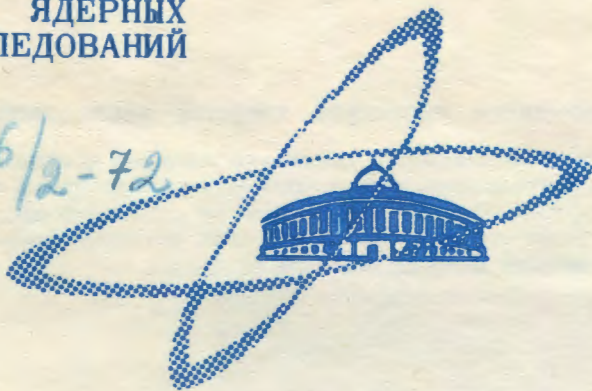
30/x-72

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3766/2-72

P1 - 6551



Ю.А.Батусов, Ц.Вылов, В.П.Зрелов,
А.Калачковский, Д.Коллар, В.П.Лупильцев,
В.Михайлова, М.Михайлов, Ф.Мольнар,
А.Ф.Новгородов, П.Павлович, С.М.Поликанов,
В.И.Райко, Я.Ружичка, В.М.Сидоров, В.А.Халкин,
Э.Херрманн, М.Ф.Шабашов, Р.Яник

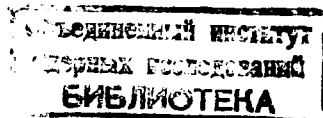
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ПОИСК ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВОЛЬФРАМА И УРАНА
ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 70 ГЭВ

1972

Ю.А.Батусов, Ц.Вылов, В.П.Зрелов,
А.Калачковский, Д.Коллар, В.П.Лупильцев,
В.Михайлова, М.Михайлов, Ф.Мольнар,
А.Ф.Новгородов, П.Павлович, С.М.Поликанов,
В.И.Райко, Я.Ружичка, В.М.Сидоров, В.А.Халкин,
Э.Херрманн, М.Ф.Шабашов, Р.Яник

ПОИСК ТРАНСУРАНОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ВОЛЬФРАМА И УРАНА
ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ 70 ГЭВ



Введение

Теоретические исследования процесса деления тяжелых ядер, проведенные в течение последних лет, показывают, что структура барьера деления в значительной степени определяется оболочечными эффектами /1/.

Открытие большого числа спонтанно делящихся изомеров, а также подбарьерных делительных резонансов принято рассматривать сейчас обычно как подтверждение важной роли оболочечных эффектов при больших деформациях ядер /2/.

Согласно теоретическим оценкам, оболочечные поправки в области урана должны составлять, примерно, половину высоты барьера деления.

В то же время оказалось, что совершенно новая ситуация возникает для сверхтяжелых элементов с очень большими атомными номерами ($Z > 110$), когда из-за оболочечных эффектов становится возможным появление барьера деления /3/.

Детальные расчеты оболочечных эффектов для сверхтяжелых элементов, проведенные рядом авторов с использованием различных одночастичных потенциалов, приводят к выводу о возможности существования острова стабильности сверхтяжелых элементов /4-7/. Во всех работах указывается, что наиболее четко оболочечные эффекты должны быть выражены при $Z = 114$ и $N = 184$.

Оптимистические оценки времени жизни для некоторых изотопов сверхтяжелых элементов стимулировали как их поиск в природе, так и работы по их синтезу в ядерных реакциях.

Поиск треков осколков деления в старых свинцовых стеклах /8/, а также наблюдение осколков деления с помощью больших пропорциональных счетчиков в образцах из различных минералов /3/, проведенные в Дубне, привели к заключению о существовании в природе некоего спонтанно делящегося изотопа. Последующие исследования с высокоэффективным детектором нейтронов /10/ показали, что число нейтронов, испускаемых при делении этого изотопа, мало и для окончательного вывода о том, связан ли наблюдаемый эффект со спонтанным делением природного сверхтяжелого элемента, необходимы дополнительные исследования.

Ни одна из работ по поиску природных сверхтяжелых элементов в США с использованием различных методов их обнаружения, включающих флюоресцентный анализ, активационный анализ, регистрацию нейтронов спонтанного деления, не дала положительного результата /11-13/.

Анализ результатов, проведенный при использовании определенных предположений о характере распада сверхтяжелых элементов, дает верхнюю границу распространенности элементов от 10^{-10} до 10^{-15} .

Что же касается экспериментов по синтезу сверхтяжелых элементов на ускорителях заряженных частиц, то здесь следует заметить, что многие исследователи основные надежды возлагают на использование наиболее тяжелых ускоренных ионов. Предполагается, что деление компаунд-ядер, образующихся, например, в реакциях $U + Xe$ или $U + U$, приведет к образованию сверхтяжелых элементов /14/.

В настоящей работе описаны опыты по поиску трансурановых элементов в продуктах взаимодействия протонов с энергией 70 Гэв с ядрами вольфрама и урана.

В процессе работы был проведен также поиск спонтанно делящихся изотопов при облучении свинца протонами с энергией 680 Мэв.

Толчком для постановки настоящих опытов явилась публикация группы ученых Резерфордовской лаборатории /15/, в которой сообщалось о наблюдении неизвестного спонтанно делящегося изотопа во фракции ртути, выделенной из облученной в ЦЕРН'е протонами с энергией 24 Гэв мишени из вольфрама.

Авторы работы /15/ высказали предположение, что наблюдавшийся эффект мог быть связан, в частности, со спонтанным делением изотопа элемента 112 (экартуть), образовавшихся в результате вторичных реакций в вольфраме.

При этом внимание акцентировали на возможности полной передачи импульса протона ядру вольфрама, предполагая, следовательно, что взаимодействие двух ядер вольфрама будет играть основную роль в образовании трансурановых элементов.

В работе Позканцера и др. /16/, изучавших образование фрагментов при взаимодействии с ураном протонов с энергией 5,5 Гэв, обращалось внимание на несколько иной аспект использования вторичных реакций, а именно, на возможность образования трансурановых элементов при взаимодействии с ураном фрагментов — ядер сравнительно легких элементов.

Использование вторичных реакций привлекательно тем, что среди фрагментов присутствуют изотопы с избытком нейтронов, и таким образом, становится возможным, в принципе, синтезировать относительно тяжелые изотопы трансурановых элементов /17/.

1. Методика эксперимента

А. Условия облучения

Мишени из вольфрама и урана толщиной по 3 мм облучались протонами с энергией 70 Гэв на внутреннем пучке протонного синхротрона Института физики высоких энергий в Серпухове. Ввод мишеней в камеру ускорителя синхронно с циклом ускорения (8,75 сек) осуществлялся с помощью механизма ввода установки по поиску монополя Дирака (УПМД). Контроль за качеством наведения протонов на мишень осуществлялся с помощью мониторов из сцинтилляционных счетчиков и телевизионной камеры УПМД.

С учетом кратности прохождения протонов через мишени из вольфрама и урана ^{x/} полный поток протонов через облучавшиеся по 6 часов мишени определяется как $2,4 \cdot 10^{15}$ и $4 \cdot 10^{15}$ протонов, соответственно, для вольфрама и урана.

Одним из этапов работы явилось облучение протонами с энергией 680 Мэв свинцовой мишени толщиной $\approx 1 \text{ г/см}^2$ на внутреннем пучке синхроциклотрона ОИЯИ.

Время облучения мишени составляло 3 часа, а интегральный поток протонов, прошедших через мишень, составил, примерно, $6 \cdot 10^{16}$.

Б. Радиохимические методы выделения элементов

Выделение Hg из Pb , облученного протонами с энергией 680 Мэв

Свинец растворялся в HNO_3 , к которой было добавлено 50 мкг Hg^{2+} . Избыток кислоты нейтрализовался ацетатом натрия до $\text{pH} = 5-6$.

^{x/} Кратность прохождения определялась согласно работе А.В.Демьянова и др. (Препринт ОИЯИ, Р1-5399, Дубна, 1970).

Ртуть выделялась цементацией на полоске медной фольги $4 \times 6 \text{ см}^2$.

При энергичном перемешивании на меди за 50 минут осаждались $80 \pm 5\%$ ртути (по данным модельных опытов с ^{203}Hg), а также ряд других элементов, выход которых не контролировался. Препарат был готов для измерений через 3 часа после конца облучения.

Выделение Hg из W, облученного протонами с энергией 70 Гэв

Примерно треть материала мишени, содержащая до 70% наведенной радиоактивности, анодно растворялась в 150 мл 5 М KOH , к которой добавлено 100 мкг Hg . Из полученного раствора ртуть и другие элементы сорбировались осадком $\text{Mn}(\text{OH})_2$, образующимся при медленном добавлении разбавленного раствора MnCl_2 . После растворения этого осадка при нагревании с $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl}$ раствор разбавлялся водой, нейтрализовался ацетатом натрия до $\text{pH} = 5-6$ и ртуть выделялась цементацией на медной фольге. Общий химический выход ртути после всех операций составлял не менее 70%. Препарат передавался на измерения через сутки после конца облучения.

Обработка урановой мишени, облученной протонами с энергией 70 Гэв

1. Выделение концентрата тяжелых элементов ($75 \leq Z \leq 85$)

Для получения концентрата была взята одна пластина урана толщиной 1 мм. Металл растворялся в царской водке и раствор многократно упаривался с HCl для удаления HNO_3 . Из 100 мл горячего 1,5 М по HCl раствора осаждался при пропускании H_2S 12 мг As_2S_3 . Осадок отмывали от загрязнений ураном, растворяли в царской водке и еще раз осаждали сульфид мышьяка.

Суспензию As_2S_3 в спирте равномерным слоем наносили на диэлектрический детектор площадью 25 см^2 . По данным модельных опытов, выполненных с радиоактивными индикаторами, с As_2S_3 выделяются практически полностью At , Po , Bi , Pb , Hg , Au , Pt и больше половины Os , Ir , Re .

Сульфидный концентрат был получен через сутки после конца облучения урана.

2. Выделение концентрата трансплутониевых элементов

а) Из раствора урана после осаждения $As_2 S_3$ удаляли следы $H_2 S$ серией упариваний с HNO_3 и HCl . Уран отделяли от искомым элементов, сорбируя его на колонке Дауэкс 1 x 8 (200–400 меш) из 6–8 М HCl . Лантаниды и актиниды соосаждали с 3 мг LaF_3 . Лантан сбрасывали на катионообменной колонке с Дауэкс 50 x 8, вымывая сумму лантанидов (актинидов) до $Nd (Am)$ включительно α -гидрооксизобутиратом аммония. Лантаниды и актиниды разделяли на анионообменной колонке с Дауэкс 1 x 8 при элюировании 10М $LiCl$. Далее следовало концентрирование препарата трансплутониевых элементов в процессе сорбции на катионообменной колонке и вымывания 0,5М α -оксизобутиратом аммония с $pH = 4,75$. Из эффлюента удаляли комплексобразователь при 3-кратном упаривании его почти досуха и последующем добавлении воды. Раствор после этих операций имел объем около 0,1 мл и из него трансплутониевые элементы электролитически наносились на полоску вольфрамовой жести 2 x 10 мм². Химический выход тяжелых актинидов должен быть по нашим оценкам, основанным на модельных опытах с лантанидами, не менее 30%. Препарат был подготовлен к измерениям через сутки после облучения урана.

б) Металлический уран сжигался в токе кислорода до $U_3 O_8$. Окись-закись урана растворялась в $HNO_3 - HCl$ и далее следовала обработка, аналогичная использованной при получении первого препарата. Была только исключена операция очистки на анионообменной колонке актинидов от лантанидов. Второй препарат выделялся спустя неделю после облучения и предназначался для разделения с помощью масс-сепаратора.

в) Разделение по массам актинидной фракции из урановой мишени на масс-сепараторе.

После выделения из облученного урана препарата, содержащего актиниды, производилось разделение изотопов на электромагнитном масс-сепараторе Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ с помощью высокоэффективного ионного источника с поверхностной ионизацией /18/.

Ввиду того, что потенциалы ионизации трансплутониевых элементов достаточно низки, следует ожидать, что эффективность процесса их разделения была не менее 50%.

г) Регистрация осколков деления и α - частиц.

Для регистрации осколков деления были использованы пленки из лавсана, помещаемые в контакт с тем или иным препаратом. После определенной экспозиции производились травления лавсановой пленки по способу, описанному в работе /19/, и просмотр протравленных пленок на микроскопе. Регистрация α -частиц производилась поверхностно-барьерным кремниевым детектором.

II. Результаты экспериментов

Препараты, приготовленные после химической обработки облученных образцов вольфрама, урана и свинца, сразу же после их изготовления помещались в контакт с детекторами, регистрирующими α -частицы или осколки деления.

Измерения спектров α -частиц с помощью поверхностно-барьерных детекторов производились в течение нескольких суток.

Что же касается поиска осколков спонтанного деления, то, учитывая возможность образования сравнительно долгоживущих ядер, образцы выдерживались в контакте с лавсановыми детекторами в течение трех месяцев.

А. $W + p$ ($E_p = 70$ Гэв)

Препарат, приготовленный согласно процедуре, описанной в предыдущей главе, через 24 часа после конца облучения был помещен в контакт с лавсановой пленкой. После трехмесячной экспозиции на лавсановой пленке не было обнаружено ни одного осколка деления.

Это означает, что верхняя граница сечения образования спонтанно делящихся изотопов при облучении вольфрама протонами с энергией 70 Гэв не превышает $2 \cdot 10^{-38}$ см².

Б. $U + p$ ($E_p = 70$ Гэв)

После химической обработки урана были изготовлены два препарата:

- 1) препарат, содержащий ртуть или ее химический аналог;
- 2) препарат, содержащий актиниды.

Первый препарат, имевший площадь, равную, примерно, 25 см², через сутки после конца облучения был помещен в контакт с лавсановой пленкой. После трехмесячной экспозиции были проведены обработка и просмотр лавсановой пленки. На ней не было зарегистрировано ни одного осколка спонтанного деления. Это соответствует верхней границе сечения образования спонтанно делящихся ядер, равной $4 \cdot 10^{-38}$ см².

Актинидный препарат сразу же после его изготовления был помещен в контакт с поверхностно-барьерным кремниевым детектором.

На рис. 1 представлен энергетический спектр α -частиц, полученный за первые 24 часа после начала измерений. Обращает на себя внимание четко выраженная группа α -частиц с энергией $E_\alpha = 6,75$ Мэв. Период полураспада для этой группы близок к 36 час. Единственный изотоп среди актинидов, который может быть ответственен за появление указанной группы α -частиц, — это изотоп калифорния ($Z = 98$) с массой 246. Общее число ядер ^{246}Cf , образовавшихся в урановой пластинке толщиной 1 мм, равно, примерно, 300. Это значит, что сечение образования изотопа ^{246}Cf при облучении урана протонами с энергией

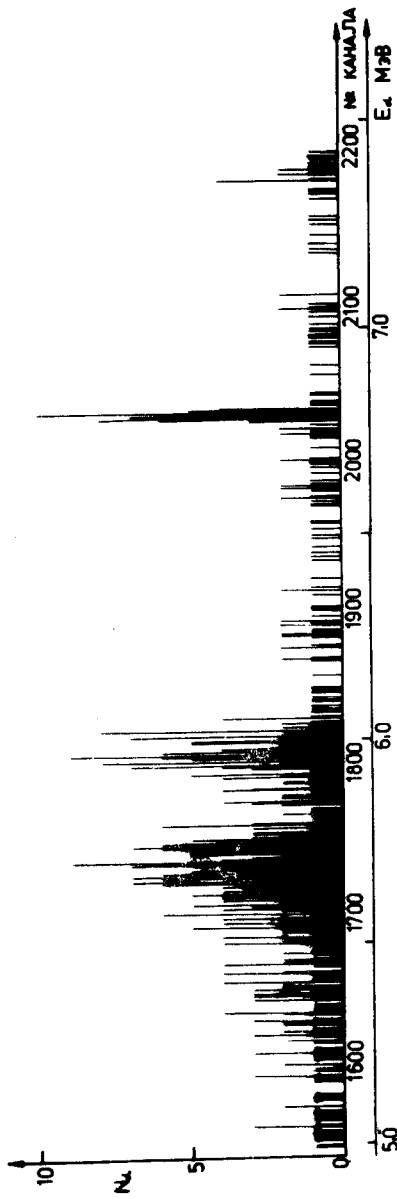


Рис. 1. Спектр α -частиц актиноидной фракции, выделенной из ^{238}U , облученного протонами с энергией 70 Гэв. Время измерения - 24 часа. Начало измерений - через 36 часов после конца облучения.

70 Гэв составляет приблизительно 10^{-35} см². Следует заметить, что спектр α -частиц актинидной фракции довольно сложен. По-видимому, некоторые из групп α -частиц могут быть отнесены к легким изотопам юрия и плутония. Нельзя, однако, исключить, что они могли появиться и в результате распада некоторых доактинидных изотопов, появившихся в актинидную фракцию.

Через пять суток после конца облучения препарат с актинидами был помещен в контакт с лавсановой пленкой. Просмотр протравленной лавсановой пленки был произведен после трех месяцев ее облучения. На ней также не было зарегистрировано ни одного осколка, что соответствует верхней границе сечения $4 \cdot 10^{-38}$ см².

При электромагнитном разделении изотопов, содержащихся в урановой мишени, были собраны изотопы в диапазоне массовых чисел 220–271. Однако из-за малости эффекта было произведено исследование лишь двух препаратов с массами 242 и 248.

Измерения α -спектров показывают, что в случае препарата, соответствующего массе 242, помимо групп, объясняемых ²²⁸Th и продуктами его распада, наблюдается группа α -частиц с энергией $\approx 6,1$ Мэв, которая может быть приписана изотопу ²⁴²Cm ($T_{1/2} = 162,5$ дня).

Весь эффект на мишени с массой 248 может быть целиком объяснен слабым загрязнением изотопом ²²⁸Th.

В. Pb + p ($E_p = 680$ Мэв)

После трехчасового облучения мишени из свинца на внутреннем пучке протонов синхроциклотрона ОИЯИ было проведено выделение ртути. Препарат с выделенной ртутью через 3 часа после конца облучения был помещен в контакт с лавсановой пленкой. Через три месяца экспозиции пленка была протравлена и был произведен ее просмотр. На пленке не было обнаружено ни одного осколка деления, что соответствует

верхней границе сечения образования спонтанно делящихся изотопов ртути (или ее аналога), равной $5 \cdot 10^{-39} \text{ см}^2$.

III. Обсуждение результатов

Можно указать три возможные причины появления спонтанно делящихся и альфа-активных изотопов при облучении мишеней из тяжелых элементов протонами высокой энергии:

- 1) образование спонтанно делящихся изомеров известных элементов;
- 2) процесс фрагментации на малой примеси долгоживущих естественных элементов, приводящий к образованию более легких и менее стабильных трансурановых элементов;
- 3) образование трансурановых элементов во вторичных реакциях.

Теоретические расчеты /20/ указывают на возможность существования области "изомерии формы" вблизи $Z = 82$.

Облучая свинец протонами с энергией 680 Мэв, мы имели возможность наблюдать образование долгоживущих спонтанно делящихся изомеров ртути в реакции $Pb(p, paxn)$.

Верхняя граница эффекта, установленная в наших опытах ($\sigma < 5 \cdot 10^{-39} \text{ см}^2$), примерно на 11-12 порядков ниже сечения образования изотопов ртути в реакции $Pb(p, paxn)$.

Результаты опытов по облучению свинца протонами с энергией 680 Мэв могут быть использованы также для оценки содержания в свинце его долгоживущего аналога с $Z = 114$.

Согласно теоретическим оценкам, наиболее стабильным изотопом этого сверхтяжелого элемента является $^{298}114$. Взаимодействие протонов с энергией 680 Мэв с этим изотопом может привести к образованию сравнительно короткоживущих спонтанно делящихся изотопов экартути ($Z = 112$).

По очень грубым оценкам, сечение выхода отдельных изотопов элемента 112 (например, $^{292, 291, 290}_{112}$) может достигать 10^{-29} см², а, возможно, и 10^{-28} см². Это соответствует верхней границе содержания экасвинца в обычном свинце близкой к 10^{-10} .

Перейдем к рассмотрению результатов опытов с протонами, имеющими энергию 70 Гэв.

Говоря об экспериментах с вольфрамовой мишенью, следует прежде всего заметить, что для образования элемента с $Z = 112$ необходимо образование фрагментов с $Z \geq 38$. Если бы такие фрагменты образовывались с энергией, достаточной для взаимодействия с ядрами вольфрама, то несомненно имело бы место образование различных изотопов экартуты, как долгоживущих, так и сравнительно короткоживущих. В наших опытах облучение было кратковременным и мы могли говорить об образовании изотопов с периодом полураспада от нескольких часов до нескольких месяцев.

Результаты опытов показывают, что при облучении вольфрама протонами с энергией 70 Гэв не имеет места образование спонтанно делящихся изотопов. ($\sigma < 2 \times 10^{-38}$ см²). Этот результат не противоречит опытам Г.Н. Флорова с сотрудниками /21/, в которых было показано, что при облучении вольфрама нейтронами высокой энергии не наблюдается образования быстрых фрагментов с $Z > 20$ с заметным сечением.

Как говорилось в предыдущей главе, при облучении урана протонами с энергией 70 Гэв наблюдалось образование изотопа ^{246}Cf с сечением $\approx 10^{-35}$ см². Наиболее вероятными реакциями образования ^{246}Cf являются реакции $^{238}\text{U} (^{12}\text{C}, 4n)$, $^{238}\text{U} (^{13}\text{C}, 5n)$ и $^{238}\text{U} (^{14}\text{C}, 6n)$. В настоящее время не известны ни массовый, ни энергетический спектры ядер углерода при облучении урана протонами с энергией 70 Гэв.

Поэтому какие-либо расчеты выхода изотопов углерода, вызывающих реакции образования ^{246}Cf , не имеют смысла.

Из других известных α -активных изотопов транскалифорниевых элементов в наших опытах мог, в принципе, наблюдаться лишь ^{252}Fm , образующийся в реакциях $^{238}\text{U} (^{18}\text{O}, 4n)$, $^{238}\text{U} (^{19}\text{O}, 5n)$ и $^{238}\text{U} (^{20}\text{O}, 6n)$.

Наши экспериментальные данные не позволяют высказать какие-либо заключения об образовании ^{252}Fm .

Что касается наблюдения спонтанного деления в актинидной фракции, то единственным изотопом, спонтанное деление которого могло бы наблюдаться в наших опытах, является тяжелый изотоп калифорния с массой 254.

Спонтанное деление с $T_{1/2} = 54$ дня – основной тип распада ^{254}Cf и отсутствие треков осколков спонтанного деления на лавсановой пленке, в течение трех месяцев находившейся в контакте с актинидной фракцией, говорит, что, по-видимому, при взаимодействии протонов с $E = 70$ Гэв с ^{238}U не образуются очень тяжелые изотопы углерода (например, с массой ≈ 20).

Отсутствие треков осколков деления на лавсановой пленке, находившейся в контакте с заактинидной фракцией, может быть объяснено двумя причинами:

1. Взаимодействие фрагментов с $Z > 20$ с ураном, приводящее к образованию заактинидных элементов, происходит с очень малой вероятностью.

2. Образующиеся изотопы заактинидных элементов не распадаются путем спонтанного деления.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность дирекции ИФВЭ за интерес к работе и особенно члену-корреспонденту АН СССР А.А. Наумову, оказавшему большую помощь в проведении облучения на ускорителе ИФВЭ.

Авторы благодарят члена-корреспондента АН СССР В.П. Джелепова и докторов физико-математических наук К.Я. Громова, Л.И. Лapidуса и А.А. Тяпкина за постоянный интерес к исследованиям и их поддержку.

Авторы также признательны кандидату физико-математических наук В.П. Перельгину, оказавшему помощь в освоении методики регистрации осколков деления.

Литература

1. V.M.Strutinsky, Nucl. Phys. A95 (1967) 420.
2. S.B.Bjørnholm and V.M.Strutinsky. Nucl. Phys., A136 (1969) I.
3. W.D.Myers and W.J.Swiatecki. Proceedings of the Intern. Symposium on Why and How should we investigate Nuclides far off the Stability Line, Lysekil, 1966, (Almqvist and Wiksell, Uppsala, 1967).
4. A.Sobiczewski, F.A.Gareev and B.N.Kalinkin . Phys. Lett., 1966, 22, 500.
5. В.М. Струтинский, Ю.А. Муzyчка. Конференция по физике тяжелых ионов, Дубна, 1966.
6. G.Gustafsson, I.L.Lamm, B.Nilsson and S.G.Nilsson. Proceed. Intern. Symposium on Why and How should we investigate Nuclides far off the Stability Line, Lysekil, 1966, (Almqvist and Wiksell, Uppsala, 1967).
7. T.Johansson, S.G.Nilsson and Z.Szimanski. Ann. Phys. 1970, t.5, 377.

8. Г.Н. Флеров, В.П. Перельгин. АЭ, 26, 520 (1969).
9. Г.Н. Флеров, Н.К. Скобелев, Г.М. Тер-Акопян, В.Г. Субботин, Б.А. Гвоздев, М.П. Иванов. Препринт ОИЯИ, Д6-4554, Дубна, 1969.
10. Г.Н. Флеров, Г.М. Тер-Акопян, Н.К. Скобелев, М.П. Иванов, А.Г. Попеко, В.Г. Субботин, Б.Ф. Федилов, Е.Д. Воробьев. Международная конференция по физике тяжелых ионов, Дубна, стр. 71, 1971.
11. S.G.Thompson, R.C.Gatti, L.C.Moretto, H.L.Bowman, M.C.Michel. University of California, Lawrence Radiation Laboratory Report UCRL - 18667 (1970).
12. E.Cheifetz, E.R.Giusti, H.R.Bowmann, R.C.Jared, J.B.Hunter, S.G.Thompson. University of California, Lawrence Radiation Laboratory, Report UCRL - 19957 (1970).
13. J.J.Weselovski, W.Jonh, R.Jewell and F.Guy. Phys. Lett. 28B, (1969) 544.
14. Г.Н. Флеров, В.А. Друин, А.А. Плеве. УФН, 100, 45 (1970).
15. A.Marinov, C.J.Batty, A.I.Kilvington, G.W.A.Newton, V.J.Robinson and J.D.Hemingway, Nature, 229 (1971) 464.
16. A.M.Poskanzer, G.W.Butler and E.K.Hyde. Phys. Rev. C3 (1971) 882.
17. Г.Н. Флеров, Е.Д. Донец, В.А. Друин. АЭ, 14, 18 (1963).
18. G.J.Bayer. E.Herrmann, A.Piotrowski, V.J.Raiko, H.Tyroff. Nucl. Instr. Meth. 96 (1971) 437.
19. А. Капусцик, В.П. Перельгин, С.П. Третьякова, В.И. Свицерский, ПТЭ, 1, 70 (1968).
20. В.В. Пашкевич. Препринт ОИЯИ 4-4383, Дубна, 1969.
21. G.N.Flerov, Ju.P.Gangrsky and O.A.Orlova.Preprint JINR, E7-5887, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 июня 1972 года.