

New data on experiments at the SHE Factory

N. Kovrizhnykh

In 2021, three series of experiments were performed at the new gas-filled separator DGFRS-2 of the Superheavy Element Factory, FLNR, JINR. The fusion reactions of ^{243}Am , ^{242}Pu , and ^{238}U isotopes with accelerated at DC280 ^{48}Ca ions were used to determine parameters of the new separator and the possibilities of continuing studies of superheavy nuclei at a higher sensitivity level (transmission, background conditions, target stability, etc.), as well as a detailed study of the properties of Mc, Fl, Cn isotopes and their daughter nuclei.

The $^{243}\text{Am}+^{48}\text{Ca}$ reaction was studied with interruptions during November-December, 2020, January-February and November-December, 2021, at five ^{48}Ca energies with an intensity of up to 1.3 μA ; 6 new chains of ^{289}Mc (2n channel), 58 of ^{288}Mc (3n), two of ^{287}Mc (4n) were synthesized and a new isotope ^{286}Mc (5n) was produced. Note, ^{287}Mc was previously observed only in three chains, daughter nuclei of ^{286}Mc – in two chains. The α decay of ^{268}Db was detected for the first time, its branch and half-life have been measured, and a new isotope ^{264}Lr was produced. The spontaneous fission of ^{279}Rg was registered for the first time. The cross section of the 3n channel turned out to be twice as high as previously measured. It was shown that the transmission of DGFRS-2 is two times higher than that at DGFRS-1. The decay properties of nuclei synthesized in these experiments are shown in Fig. 1.

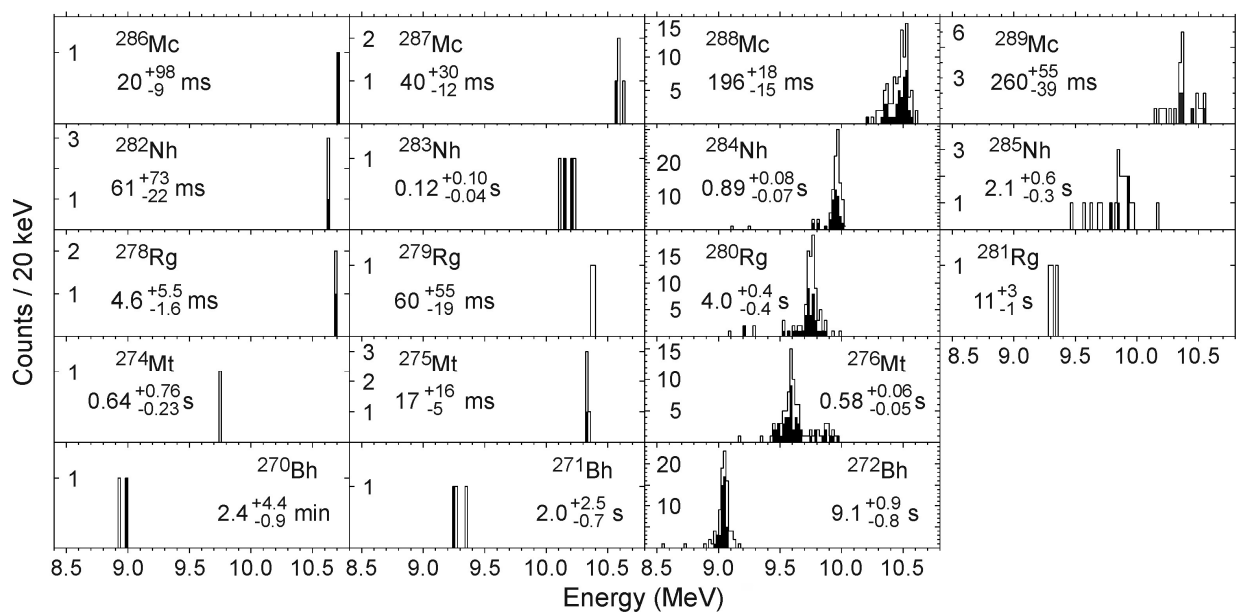


Fig. 1. Energy spectra of α particles and half-lives of nuclei synthesized in the $^{243}\text{Am}+^{48}\text{Ca}$ reaction. The new data and the sum of all known results are shown by closed and open histograms, respectively.

In the experiment with ^{242}Pu , which was performed with interruptions in March-July, 2021, the intensity of ^{48}Ca reached 3 μA ; 25 decay chains of ^{286}Fl and 69 of ^{287}Fl were synthesized at two energies. The cross section also turned out to be twice as high as the previous values. Indications have been obtained for the existence of a dependence of the decay properties of ^{287}Fl , ^{283}Cn , and ^{279}Ds , namely, α decay or fission of ^{279}Ds , on their low-energy levels, as well as decays through isomeric levels of ^{286}Fl and ^{282}Cn . The decay properties of nuclei synthesized in the $^{242}\text{Pu}+^{48}\text{Ca}$ reaction are shown in Fig. 2.

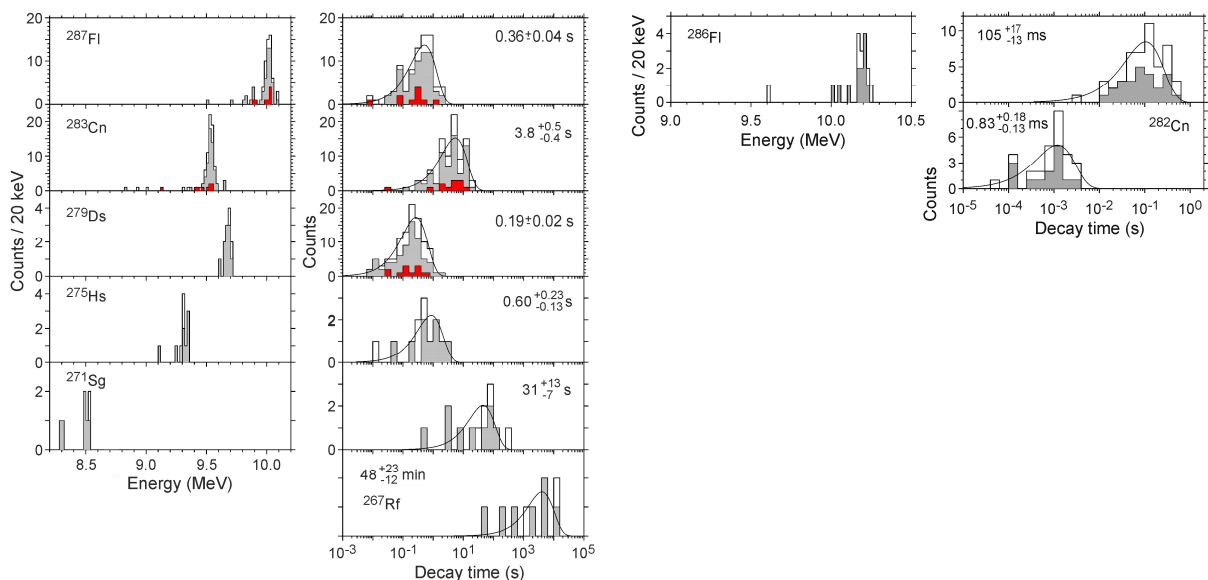


Fig. 2. Energy spectra of α particles and half-lives of nuclei synthesized in the $^{242}\text{Pu}+^{48}\text{Ca}$ reaction. The new data and the sum of all known results are shown by closed and open histograms, respectively. The red histograms highlight the events that were followed by α decay of ^{279}Ds .

In irradiation of ^{238}U , the intensity of ^{48}Ca reached 6.5 μA . During September-October, 2021, 16 decay chains of ^{283}Cn were obtained. In the entire series of experiments, 177 decay chains of Mc, Fl, and Cn have been registered, the decay properties of about 30 isotopes of elements from Rf to Mc have been measured with higher precision (see Fig. 3), the reaction cross sections were measured at different ^{48}Ca energies, The charges of Mc, Fl, and Cn ions in rarefied hydrogen were measured and the reliability of the charge systematics obtained at DGFRS-1 was confirmed, which is important for the synthesis of new elements 119 and 120.

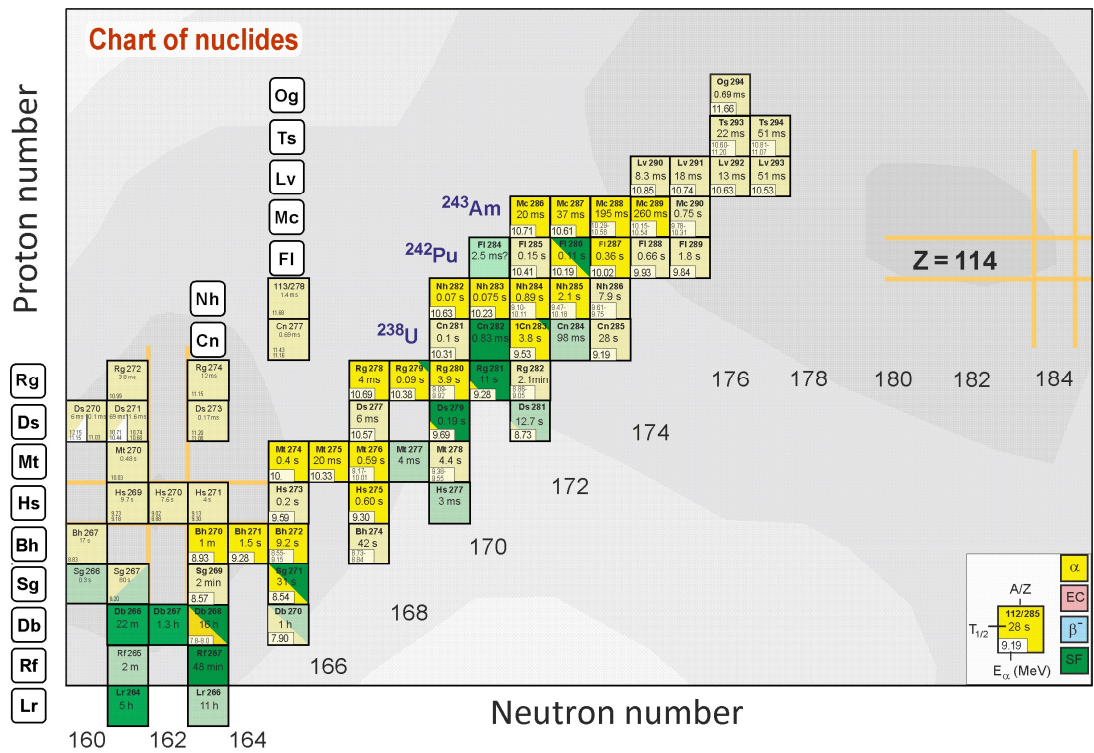


Fig. 3. Chart of nuclei. The isotopes produced in the shown reactions in 2021 are highlighted in bright yellow (α decay) and green (spontaneous fission) colors.

Новые данные по экспериментам на Фабрике СТЭ

Н. Коврижных

В 2021 году проведены три серии экспериментов на новом газонаполненном сепараторе DGFRS-2 Фабрики Сверхтяжелых Элементов ЛЯР ОИЯИ. Реакции слияния изотопов ^{243}Am , ^{242}Pu и ^{238}U с ускоренными на ДЦ-280 ионами ^{48}Ca использовались для определения параметров нового сепаратора и возможностей продолжения исследований сверхтяжелых ядер на более высоком уровне чувствительности (трансмиссия, фоновые условия, стабильность мишеней и т.д.), а также детального изучения свойств изотопов Mc, Fl, Cn и их дочерних ядер.

Реакция $^{243}\text{Am}+^{48}\text{Ca}$ изучалась с перерывами в ноябре-декабре 2020 года, январе-феврале и ноябре-декабре 2021 года при пяти энергиях ^{48}Ca с интенсивностью до 1.3 мкА частиц, синтезировано 6 новых цепочек ^{289}Mc (2n канал), 58 ^{288}Mc (3n), две ^{287}Mc (4n) и получен новый изотоп ^{286}Mc (5n). Отметим, что ^{287}Mc наблюдался ранее только в трех цепочках, дочерние ядра ^{286}Mc – в двух цепочках. Впервые обнаружен α распад ^{268}Db , измерена его ветвь и период полураспада, а также получен новый изотоп ^{264}Lr . Впервые зарегистрировано спонтанное деление ^{279}Rg . Сечение 3n канала оказалось вдвое выше ранее измеренного. Показано, что трансмиссия DGFRS-2 в два раза выше, чем DGFRS-1. Свойства распада ядер, синтезированных в этих экспериментах, показаны на Рис. 1.

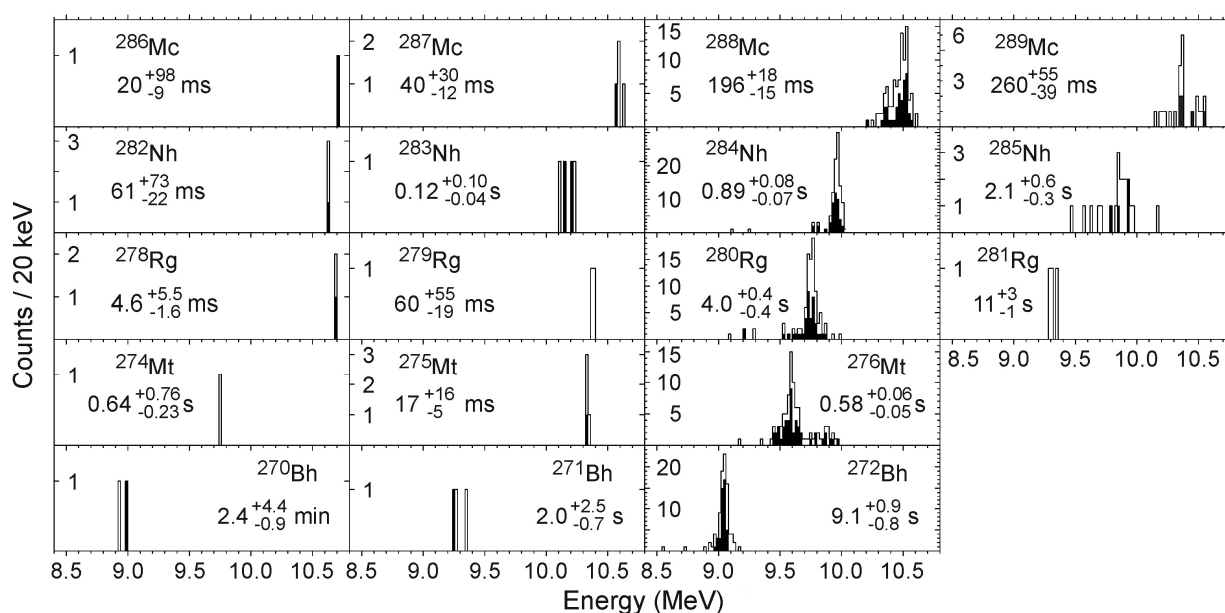


Рис. 1. Энергетические спектры α частиц и периоды полураспада ядер, синтезированных в реакции $^{243}\text{Am}+^{48}\text{Ca}$. Новые данные и сумма всех известных результатов показаны закрытыми и открытыми гистограммами соответственно.

В эксперименте с ^{242}Pu , который проводился с перерывами в марте-июле 2021 года, интенсивность ^{48}Ca достигала 3 мкА частиц, при двух энергиях синтезировано 25 цепочек распада ^{286}Fl и 69 ^{287}Fl . Сечение также оказалось в два раза выше прежних значений. Получены указания на существование зависимости свойств распада ^{287}Fl , ^{283}Cn и ^{279}Ds , а именно, α распад или деление ^{279}Ds , от их низкоэнергетичных уровней, а также распадов через изомерные уровни ^{286}Fl и ^{282}Cn . Свойства распада ядер, синтезированных в реакции $^{242}\text{Pu}+^{48}\text{Ca}$, показаны на Рис. 2.

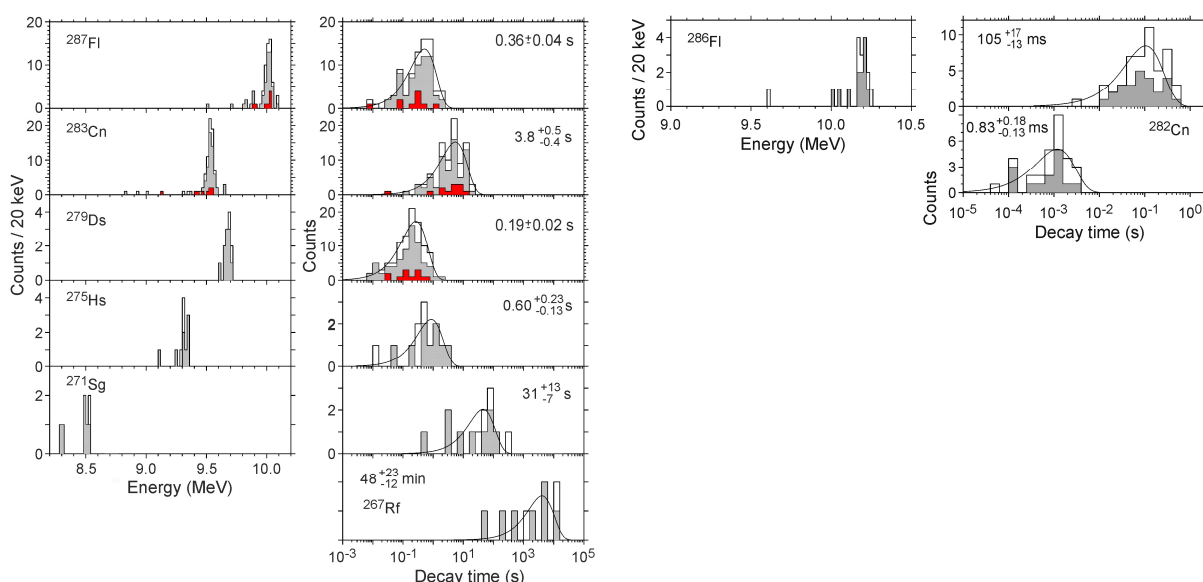


Рис. 2. Энергетические спектры α частиц и периоды полураспада ядер, синтезированных в реакции $^{242}\text{Pu}+^{48}\text{Ca}$. Новые данные и сумма всех известных результатов показаны закрытыми и открытыми гистограммами соответственно. Красными гистограммами выделены события, за которыми наблюдался α распад ^{279}Ds .

При облучении ^{238}U интенсивность ^{48}Ca достигала 6.5 мкА частиц. В течение сентября-октября 20211 года получено 16 цепочек распада ^{283}Cn . Во всей серии экспериментов зарегистрировано 177 цепочек распада изотопов Mc, Fl и Cn, более точно определены свойства распада около 30 изотопов элементов от Rf до Mc (см. Рис. 3), измерены сечения реакций полного слияния при разных энергиях ^{48}Ca . Измерены заряды ионов Mc, Fl и Cn в разреженном водороде и

подтверждена надежность систематики зарядов, полученной на DGFRS-1, что важно для синтеза новых элементов 119 и 120.

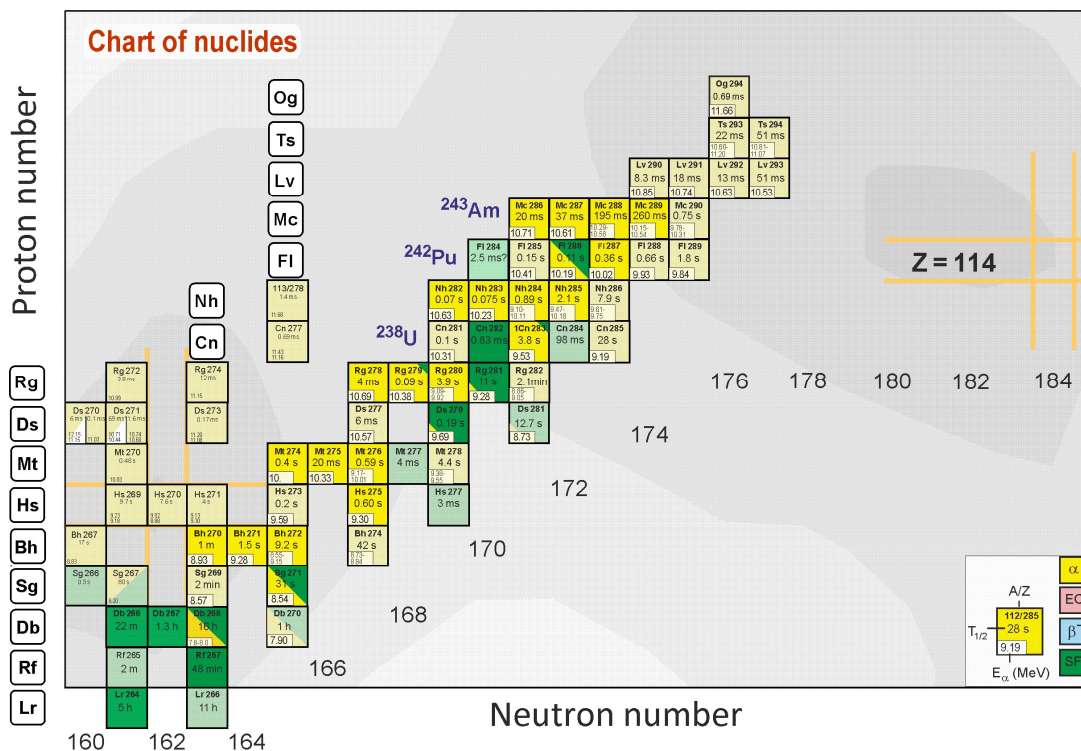


Рис. 3. Карта ядер. Изотопы, полученные в указанных реакциях в 2021 году, выделены ярким желтым (α распад) и зеленым (спонтанное деление) цветами.