Advanced ideas and experiments for the new Dubna Neutron Source (DNS-IV). The related moderators and infrastructure

FLNP workshop 6-7 September

Protons and neutrons in nuclear medicine

Nikolay Aksenov

nikolay.aksenov@jinr.ru

FLEROV LABORATORY OF NUCLEAR REACTIONS

Modern Nuclear Physics@Nuclear Medicine

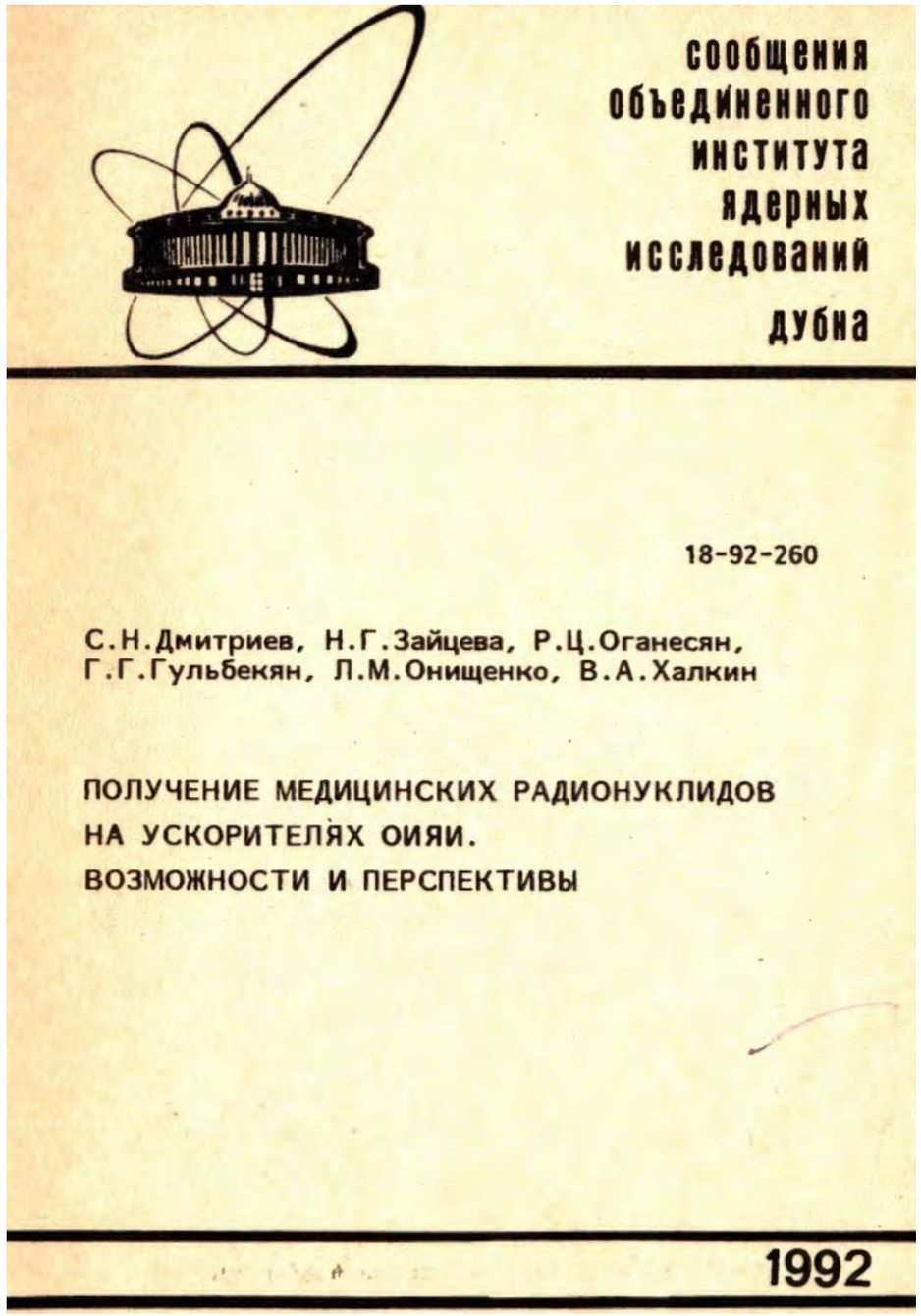
state-of-the-art techniques:

radiation oncology = hadrontherapy
(1967 Phasatron)

Radionuclides production
(coupled to radiochemical separation) methods

medical imaging = nuclear imaging
(detectors, modeling etc.)

Ускорители ОИЯИ и высокий уровень исследований, накопленный опыт по радиохимии - база для получения широкого спектра радионуклидов для различных исследований



ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО:

Ядерная медицина – направление современной медицины, использующее радиоактивные вещества и свойства атомного ядра для **диагностики** и **терапии** в различных областях научной и практической медицины

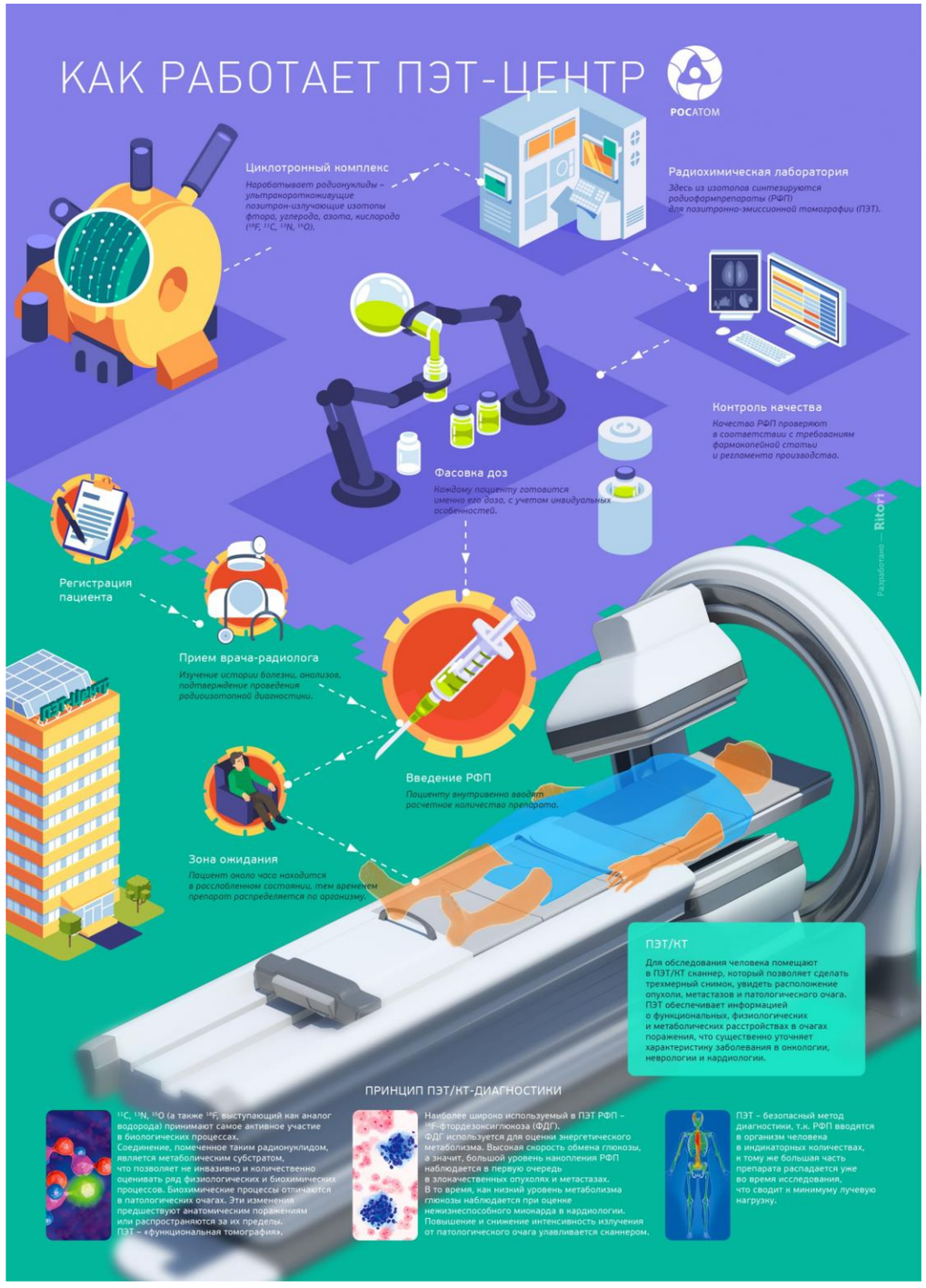
Ежегодно около 50 млн медицинских исследований!

Radionuclide Diagnosis and Therapy

- RN Diagnosis: imaging disease
  - penetrating radiation: β^+ emission (PET - ^{18}F etc.)
  - γ emission (SPECT - $^{99}Mo/^{99m}Tc$, ^{201}Tl etc.)
  - 80%

- RN Therapy
  - particles: α, β^- or Auger e^-
    - ^{153}Sm, ^{90}Y, ^{131}I, ^{226}Ra
- Theranostics

- Radiation therapy



Production methods and facilities

Generator	Protons	Reactor	Photons
			
Mother/daughter decay	(p,xn)	(neutron capture)	(γ,xn)
	11 - 18 MeV - PET RN 30 and 70 MeV - SPECT RN new developments are needed	thermal and fast neutrons 10^{12} - 10^{15} n/cm^2 s	10 - 50 MeV

Production methods and facilities

CHARACTERISTIC	PRODUCTION METHOD: LINEAR ACCELERATOR/ CYCLOTRON	NUCLEAR REACTOR (FISSION)	NUCLEAR REACTOR (NEUTRON ACTIVATION)	RADIONUCLIDE GENERATOR
Bombarding particle	Proton, alpha	Neutron	Neutron	Production by decay of parent
Product	Neutron poor	Neutron excess	Neutron excess	Neutron poor or excess
Typical decay pathway	Positron emission, electron capture	Beta-minus	Beta-minus	Several modes
Typically carrier free	Yes	Yes	No	Yes
High specific activity	Yes	Yes	No	Yes
Relative cost	High	Low	Low	Low (^{99m}Tc)
				High (^{82}Rb)
Radionuclides for nuclear medicine applications	^{11}C, ^{13}N, ^{15}O, ^{18}F, ^{57}Co, ^{67}Ga, ^{68}Ge, ^{111}In, ^{123}I, ^{201}Tl	^{99}Mo, ^{131}I, ^{133}Xe	^{32}P, ^{51}Cr, ^{89}Sr, ^{125}I, ^{153}Sm	^{68}Ga, ^{81m}Kr, ^{82}Rb, ^{90}Y, ^{99m}Tc

Product isotope	Half-life	Target isotope	Natural abund. %	Inter-mediate isotope	Half-life	$\Phi = 10^{14}$ cm^{-2}s^{-1}			$\Phi = 10^{15}$ cm^{-2}s^{-1}		
						T_{irr} d	T_d d	Yield GBq/mg	T_{irr} d	T_d d	Yield GBq/mg
Production via (2n,γ) reactions											
^{166}Dy	3.4 d	^{164}Dy	28	^{165}Dy	2.35 h	10	1	2	5	1	100
^{188}W	69.8 d	^{186}W	28	^{187}W	0.99 d	100	10	0.002	50	10	0.1
Indirect production via (n,γ)β$^-$											
^{47}Sc	3.3 d	^{46}Ca	0.004	^{47}Ca	4.5 d	10	1	0.5	10	1	5
^{125}I	59.4 d	^{124}Xe	0.10	^{125}Xe	17 h	7	7	6	4	7	20
^{131}I	8.0 d	^{130}Te	34	^{131}Te	25 min	28	2	0.1	28	2	1
^{131}Cs	9.7 d	^{130}Ba	0.11	^{131}Ba	12 d	7	7	0.7	7	7	7
^{161}Tb	6.9 d	^{160}Gd	22	^{161}Gd	4 min	14	0.5	0.4	14	0.5	4
^{177}Lu	6.7 d	^{176}Yb	12.8	^{177}Yb	1.9 h	14	1	0.6	14	1	4
^{199}Au	3.1 d	^{198}Pt	7.2	^{199}Pt	31 min	7	0.5	0.7	7	0.5	7
^{227}Ac	21.7 a	^{226}Ra	0	^{227}Ra	42 min	100	30	0.02	28	30	0.03
Indirect production via (n,f)											
^{99}Mo	2.8 d	^{235}U	0.72			7	1	5.7			
^{131}I	8.0 d	^{235}U	0.72			7	12	0.7			
^{133}Xe	5.3 d	^{235}U	0.72			7	7	3			

Existing Accelerator Facilities for Radioisotope Production at High Intensity Proton Beam of Intermediate Energy

- **Los Alamos National Laboratory (NM, USA), 100 MeV, 200 μA**
- **Brookhaven National Laboratory (NY, USA), 200 MeV, 90 μA**
- **TRIUMF (Vancouver, Canada), 110 MeV, 500 MeV, 70 μA**
- **iThemba Laboratory (Cape Town, South Africa), 66 MeV, 250 μA**
- **Institute for Nuclear Research (Troitsk, Russia), 160 MeV, 120 μA**
- **ARRONAX GIP (Nantes, France), 70 MeV, 2 x 100 μA**

Proposed Accelerator Facilities for Radioisotope Production at High Intensity Proton Beam of Middle Energy

- **Institute for Nuclear Research of National Academy of Sciences of Ukraine (Kiev)**

  H+ Cyclotron, 70 MeV, 100 μA (^{82}Sr production from RbCl-target)
- **Positron Corporation (Illinois, USA)**

  H^- Cyclotron - 70 MeV, 2x375 μA: ^{82}Sr production
- **Petersburg Nuclear Physics Institute**

  H^- Cyclotron - 80 MeV, 100-200 μA, Isotope separator facility: ^{82}Sr from Y-target
- **Proton Engineering Frontier Project (Gyoungju, South Korea)**

  LINAC - 100 MeV, >300 μA
- **Legnaro National Laboratory, INFN (Padova, Italy)**

  Cyclotron - 70 MeV, 2x400 μA
- **National Institute for Radioelements, IRE and IBA (Belgium)**

  Cyclotron - 350 MeV, 1000 μA (Ta-target to produce neutrons for ^{99}Mo)
- **Institute for Nuclear Research (Troitsk, Russia)**

  H^- Cyclotron – 70 or 120 MeV, ~1000 μA: production of ^{82}Sr, ^{117m}Sn, ^{225}Ac, ^{223}Ra

Сегодня в России

38 ПЭТ/КТ (27 циклотронов) в 20 городах и 40 000 процедур в год

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(Минздрав России)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
Регистрационный № 48808
от "07" ноября 2017.

ПРИКАЗ

13 октября 2017 г. № 804н

Москва

Об утверждении
номенклатуры медицинских услуг

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ЗАРЕГИСТРИРОВАНО
Регистрационный № 50727
от "11" апреля 2018.

ПРИКАЗ

«23» марта 2018 г. Москва № 210

О внесении изменений в перечни специальностей и направлений подготовки высшего образования

В соответствии с пунктом 3 Порядка формирования перечней профессий, специальностей и направлений подготовки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 сентября 2013 г. № 1059 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 3 октября 2013 г., регистрационный № 30088), с изменениями, внесенными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 декабря 2013 г. № 1363 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской

4. В перечне специальностей высшего образования – подготовки кадров высшей квалификации по программам ординатуры, утвержденном Приказом № 1061, после строки

«	33.08.03	Фармацевтическая химия и фармакогнозия	Провизор-аналитик »

дополнить строкой

«	33.08.04	Радиофармацевтика	Провизор-радиолог ».

New Demands

году несколько миллионов человек в мире не прошли диагностическое обследовани
(7 млн. доз)

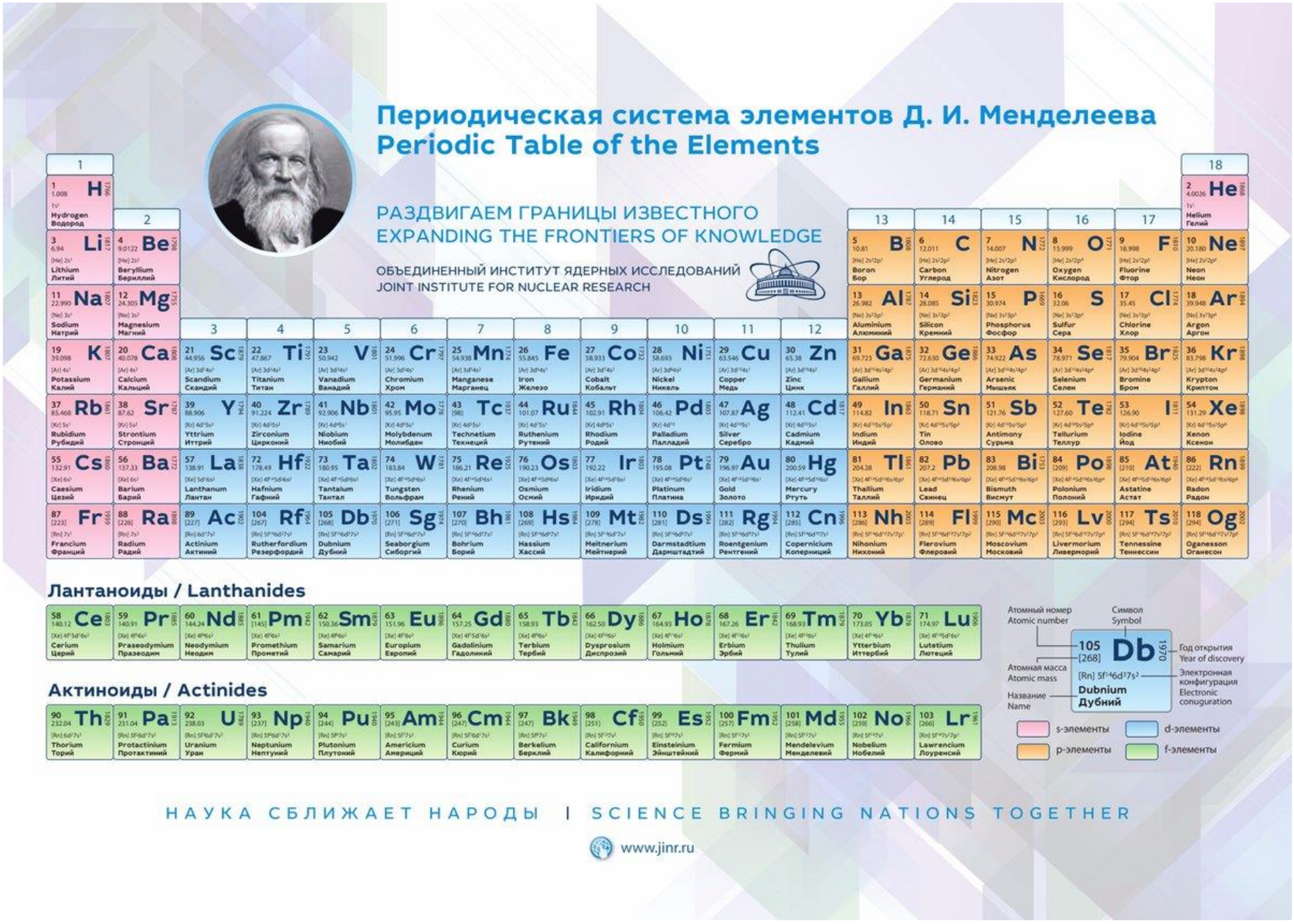
основная тенденция - увеличение использования терапевтических РФП
и разработка новых методов получения РН и РФП

развитие малых производств и ядерных аптек

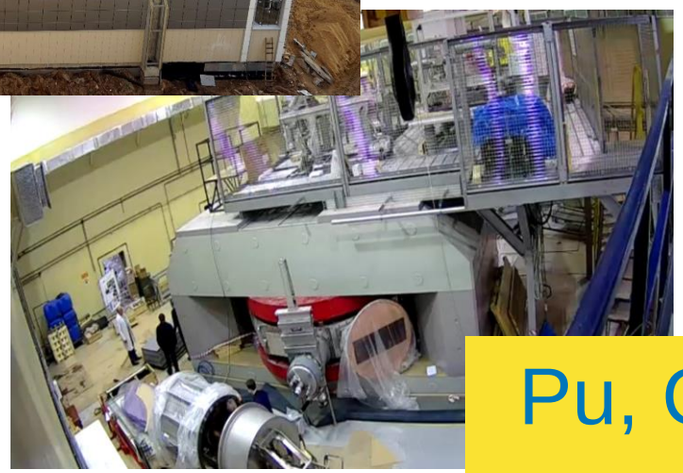
«…technical evolution that has led
to a medical revolution…»

возвращение исследований в научные лаборатории!

150-лет Периодическому закону Д. И. Менделеева



ООН: 2019 год - Международный год Периодической таблицы химических элементов



NEW FACILITY FOR SUPER HEAVY ELEMENT RESEARCH: SHE-FACTORY

- New experimental facilities

Discovery of new SHE

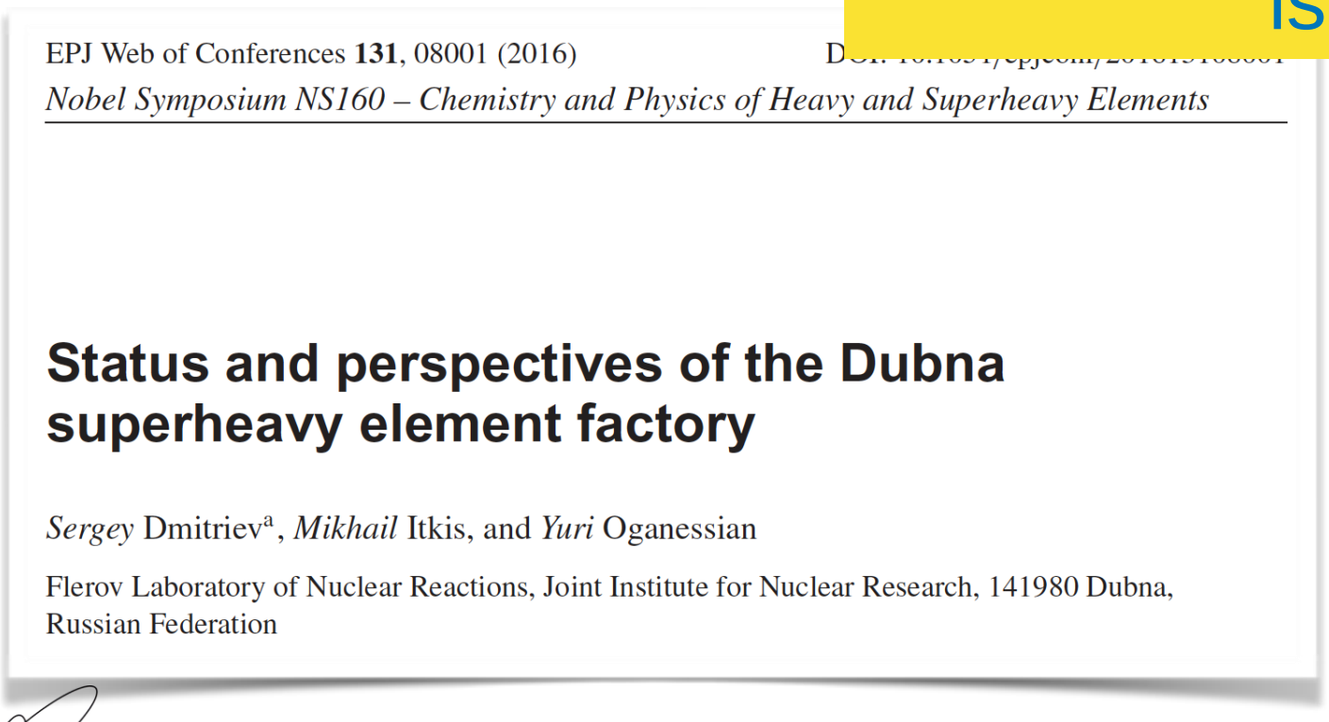
High statistics experiments

Study of elements with Z = 112 - 118

…

DC-280

Pu, Cm, Cf, Bk, Es isotopes production is highly needed!!!



EPJ Web of Conferences **131**, 08001 (2016) DOI: 10.1051/epjconf/201613108001

Nobel Symposium NS160 – Chemistry and Physics of Heavy and Superheavy Elements

Status and perspectives of the Dubna superheavy element factory

Sergey Dmitriev[a], *Mikhail* Itkis, and *Yuri* Oganessian

Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russian Federation

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION !