



**Ведущий
научно-исследовательский институт
химической технологии**



U УРАН U

**Получение Природного Урана Ядерной Чистоты.
Наработка плутония.
Изотопное обогащение урана.**

**Кузин Рудольф Евгеньевич,
Доктор Технические Наук, Профессор,
Главный Научный Сотрудник,
Носитель критически важных знаний РосАтома**

75 лет - ВМЕСТЕ

Ввиду острого дефицита УРАНА для Атомного проекта СССР, 17 апреля 1951 года по инициативе П.Я.Антропова (Начальника ВГУ) и Н.Б.Карпова (Зам.нач. ПГУ) Тов. Сталиным И.В. подписано Постановление СМ СССР № 1242/626сс о создании **ОДНОВРЕМЕННО ДВУХ ИНСТИТУТОВ:**
НИИ-10 (ныне ВНИИХТ)
и **ГСПИ-14** (ныне ВНИПИпромтехнологии)
«для осуществления полного цикла НИОКР по созданию технологий и на их основе промышленных производств по получению урана, лития, бериллия и их соединений».

Антропов Пётр Яковлевич



1905 - 1979

Герой социалистического труда (1954), Министр Геологии, начальник Второго ГУ при СНК - ответственного за разведку урановых и ториевых руд в СССР и странах восточной Европы. По его инициативе при Втором Главном управлении были организованы НИИ-10 (ВНИИХТ) и Государственный специальный проектный институт (ГСПИ-14). Всего работали сотни экспедиций, и было разведано множество месторождений. Самое крупное - Эльконское, в Южной Якутии, 344 тысячи тонн урана.

Ближайший помощник в решении урановой и золотой проблем - начальник ПГУ МСМ - Николай Борисович Карпов



Ефим Павлович и Николай Борисович в Зарафшане

Значение слова УРАН

В древнегреческой Мифологии :

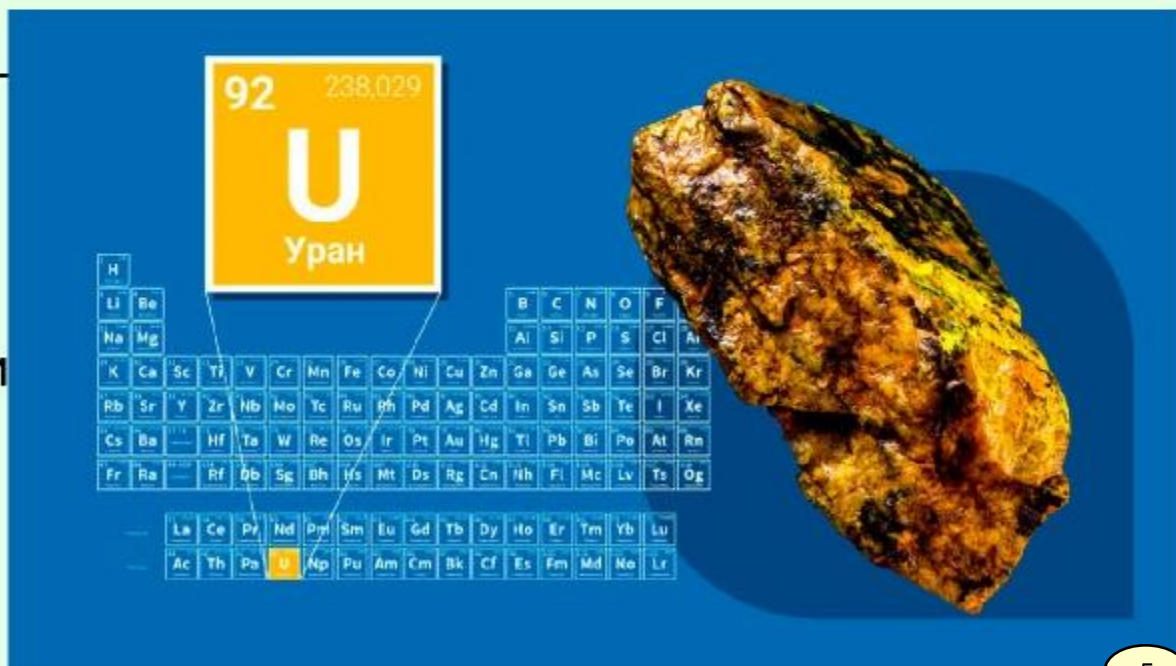
УРАН-божество (БОГ НЕБА), завершающее череду богов (Зевс,Посейдон, Аполлон, . . .).

В астрономии :

УРАН-планета, завершающая солнечную систему (Меркурий, Венера, Земля, Марс,...) – открыта в 1781 году английским астрономом Уильмом Гершелем.

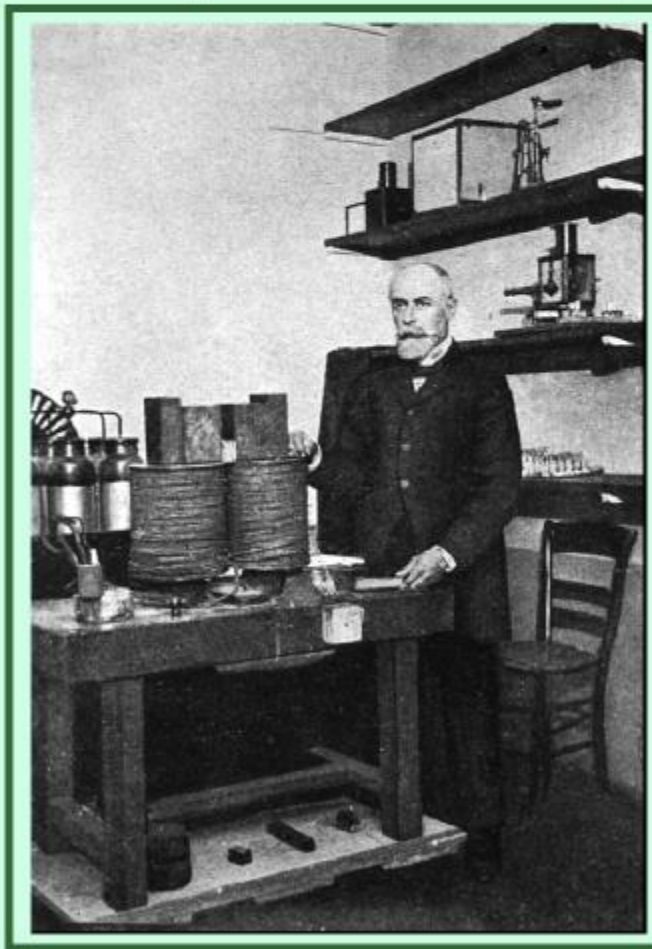
В химии :

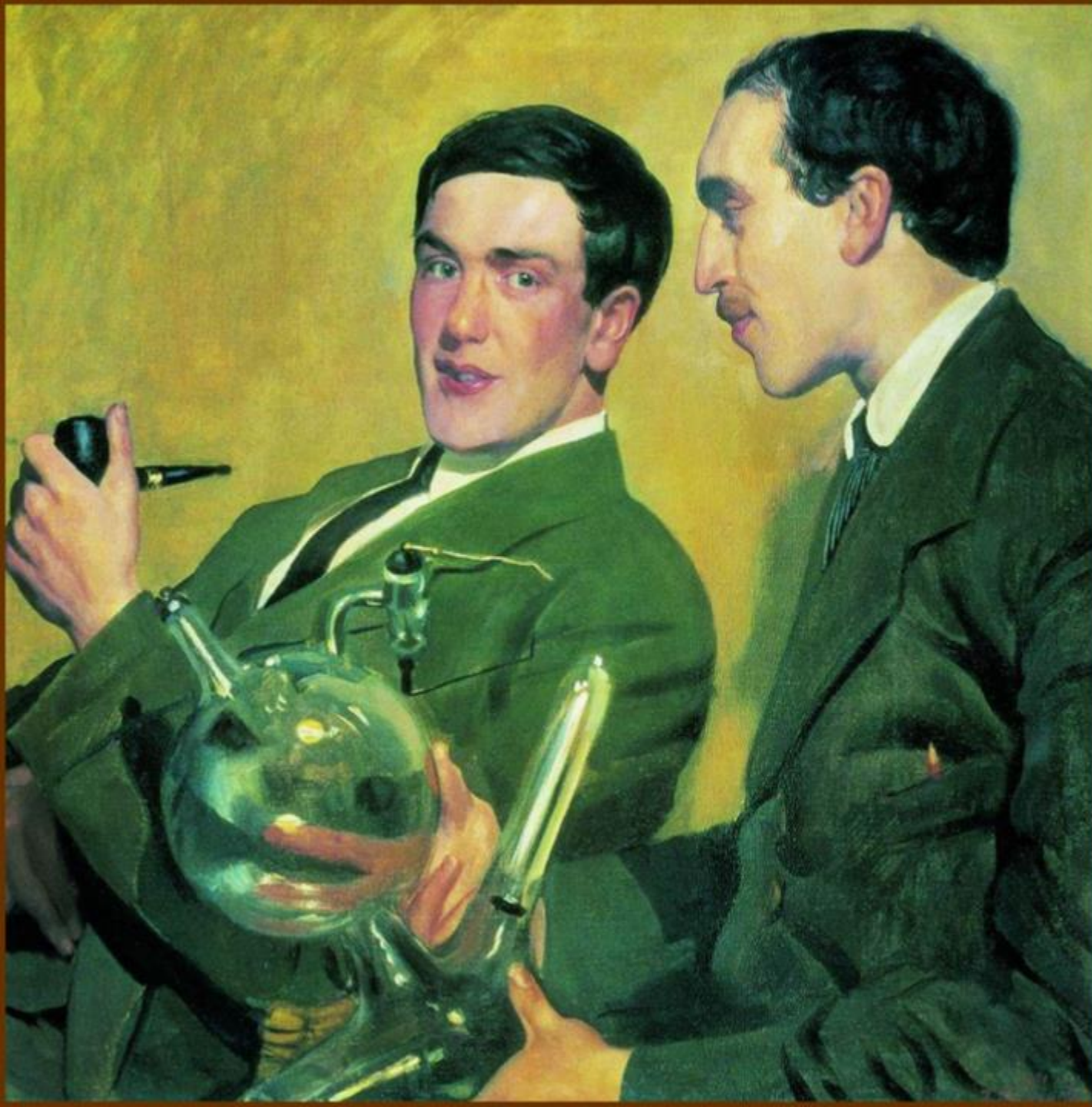
УРАН - элемент, завершающий список известных алхимикам элементов. Выделен в 1789 году Мартином Клапортом и назван так для поддержки друга Гершеля.



Но роль Урана в жизни Человечества резко возросла!!

После открытия X-лучей Вильгельмом Рентгеном в 1895 году Анри Беккерель в содружестве с Марией Склодовской-Кюри и Пьером Кюри открыли радиоактивность Урана в 1896 году. И получили Нобелевскую премию по ХИМИИ 1903 года.





Картина Б.М.Кустодиева
«Мы пока не знамениты,
Но будем нобелевскими
лауреатами», 1921 г.

Пётр Леонидович Капица
Нобелевская премия
1978 г. за открытие сверх-
текучести жидкого гелия.

За теорию сверхтекучести
жидкого гелия - в 1962 г.
Нобелевская премия
Ландау Лев Давидович

Второй на портрете -
**Николай Николаевич
Семенов**
Нобелевская премия в
1956 г. за создание теории
цепных реакций

состоит из трех радиоактивных изотопов:

- U-238 (около 99,3%),
- U-235 (около 0,7%),
- U-234 (около 0,005%).

На урановом топливе, обогащенном изотопом U-235, сегодня работает большинство атомных энергетических реакторов.



Цепочка распада урана-238 (семейство урана)

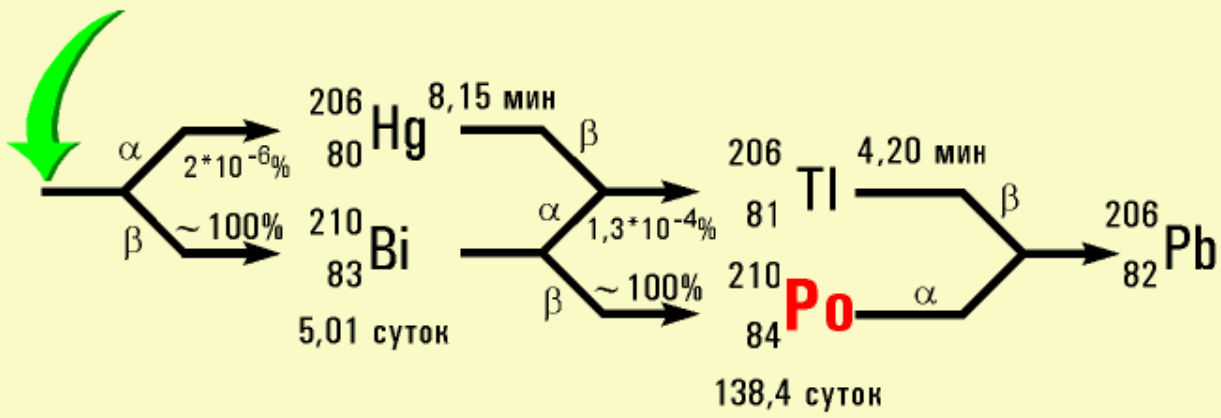
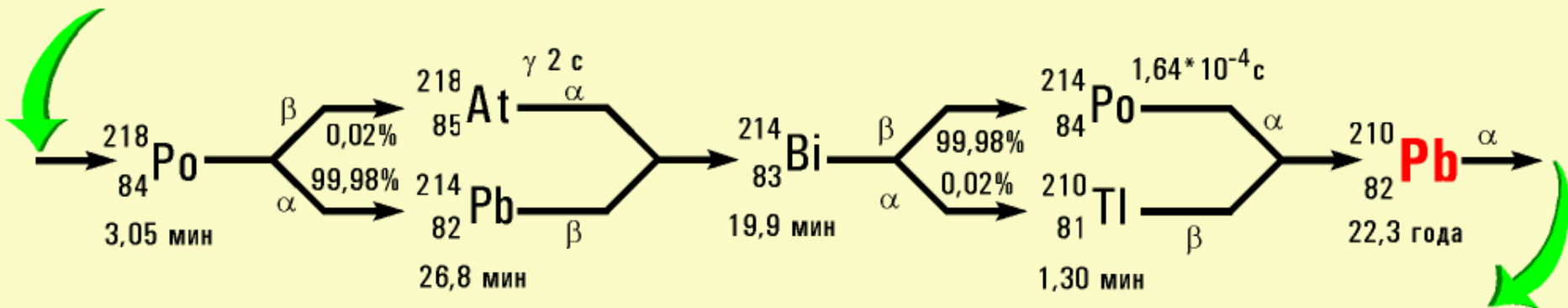
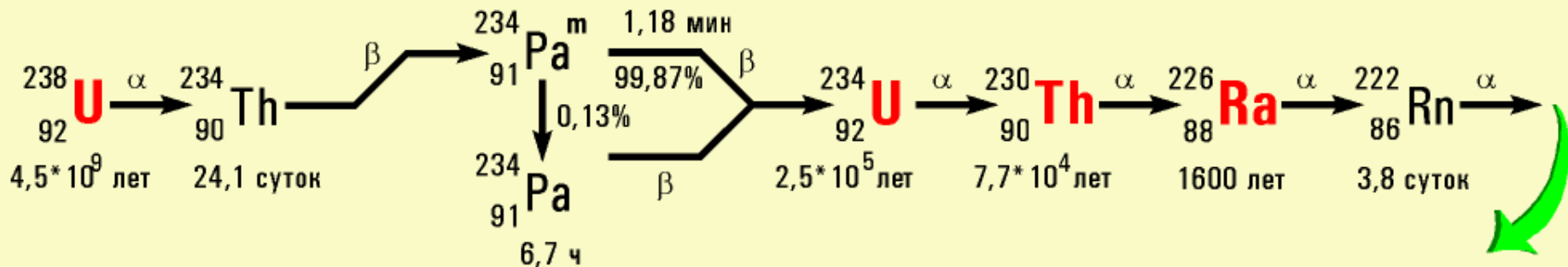
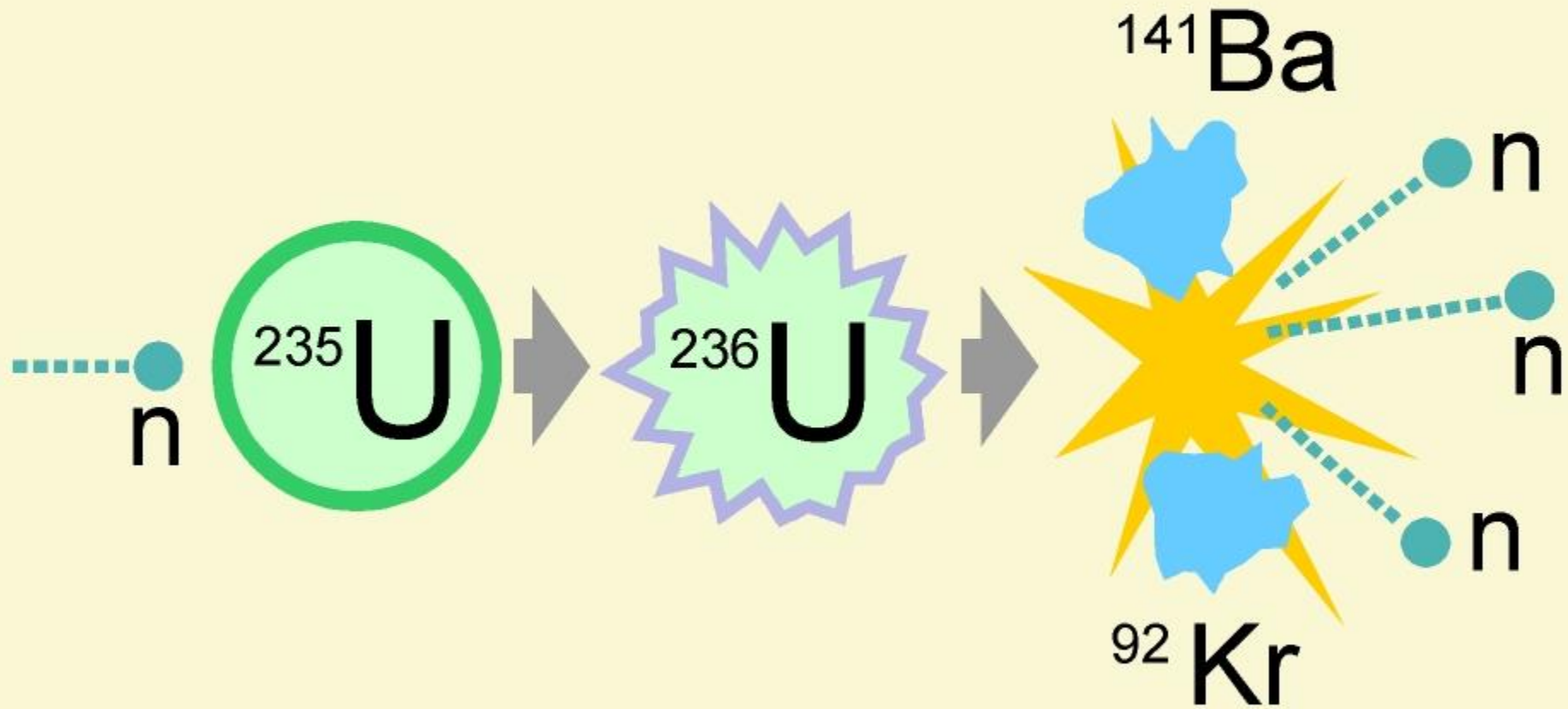
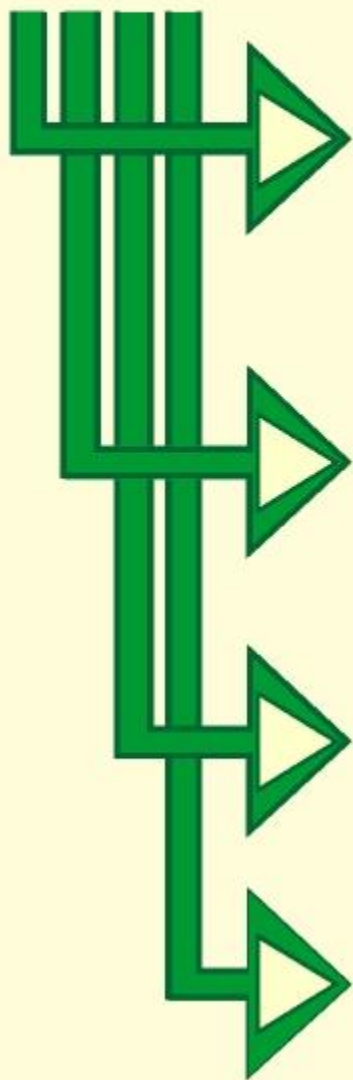


Схема деления U-235



В 1938 - 42 гг Анатолий Петрович Александров и Игорь Васильевич Курчатов трудились над размагничиванием кораблей. В мире физики произошли важные события в плане военного применения урана:



1938 год Отто Ган, Лиза Мейтнер и Фриц Штрассенман открыли деление ядер урана (Лиза объяснила появление атомов бария и криптона как осколков)

1939 год в Германии создано 5 групп физиков по исследованию возможности военного применения урана. Открытие 94 элемента (в 1948 году назван плутонием)

1940 год в Германии запущен **тяжеловодный** урановый реактор (Вернер Гейзенберг и Вальтер Боте). Ошибка Гейзенберга-Боте

1942 год в США запущен экспериментальный **графитовый** урановый реактор (Энрико Ферми) для наработки плутония

Берия Лаврентий Павлович



29 марта 1899 - 7 июля 1953

“Если бы не Берия, бомбы не было бы . . . ”

- И.В.Курчатов

▷ **28 сентября 1942 года** -
первый документ атомного проекта -
Постановление ГКО “О возобновлении работ по урану”

- День атомщика

▷ **20 августа 1945 года** -
Создание спецкомитета при ГКО

- рождение атомной отрасли



Труднейшие проблемы:



Где взять уран ??

(Пост. ГКО № 102 сс/ов от 08.12.1944 "О мероприятиях по обеспечению развития добычи и переработки урановых руд")

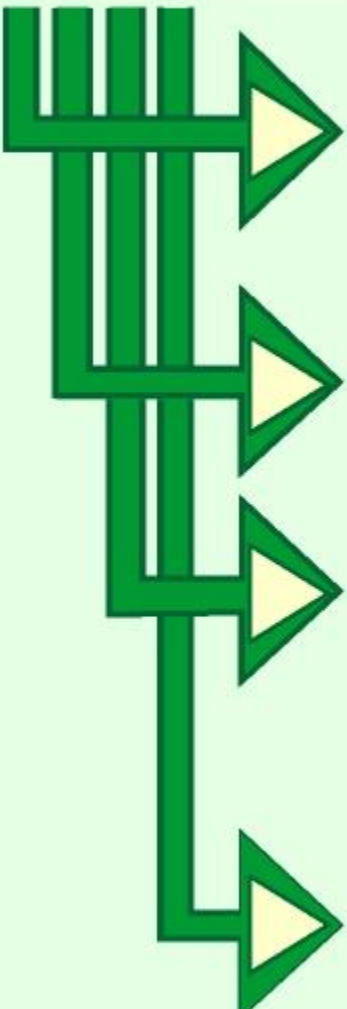


Промышленное изотопное обогащение урана



Конструкция бомбы

Мировые запасы урана



Морская вода содержит 4,5 млрд т
концентрации - 3,2 мкг/литр

В месторождениях - 5,7 млн т
(Австралия и Казахстан - 1 место,
Канада - 3 место, Россия - 4 место).

Запасы РФ составляют 9% мировых.

Точная оценка количества урана
в жидком ядре Земли неизвестна,
**но распад радиоактивных Урана,
Тория-232 и Калия-40 достаточно
устойчиво обогревает Планету уже
миллиарды лет.**

Зельдович Яков Борисович

Советский физик
и физикохимик

Руководитель
теоретического отдела КБ № 11
(Арзамас-16)



8.03.1914 - 2.12.1987



Извлекаемые мировые запасы урана на 01.01.2011 г. (тыс.т)

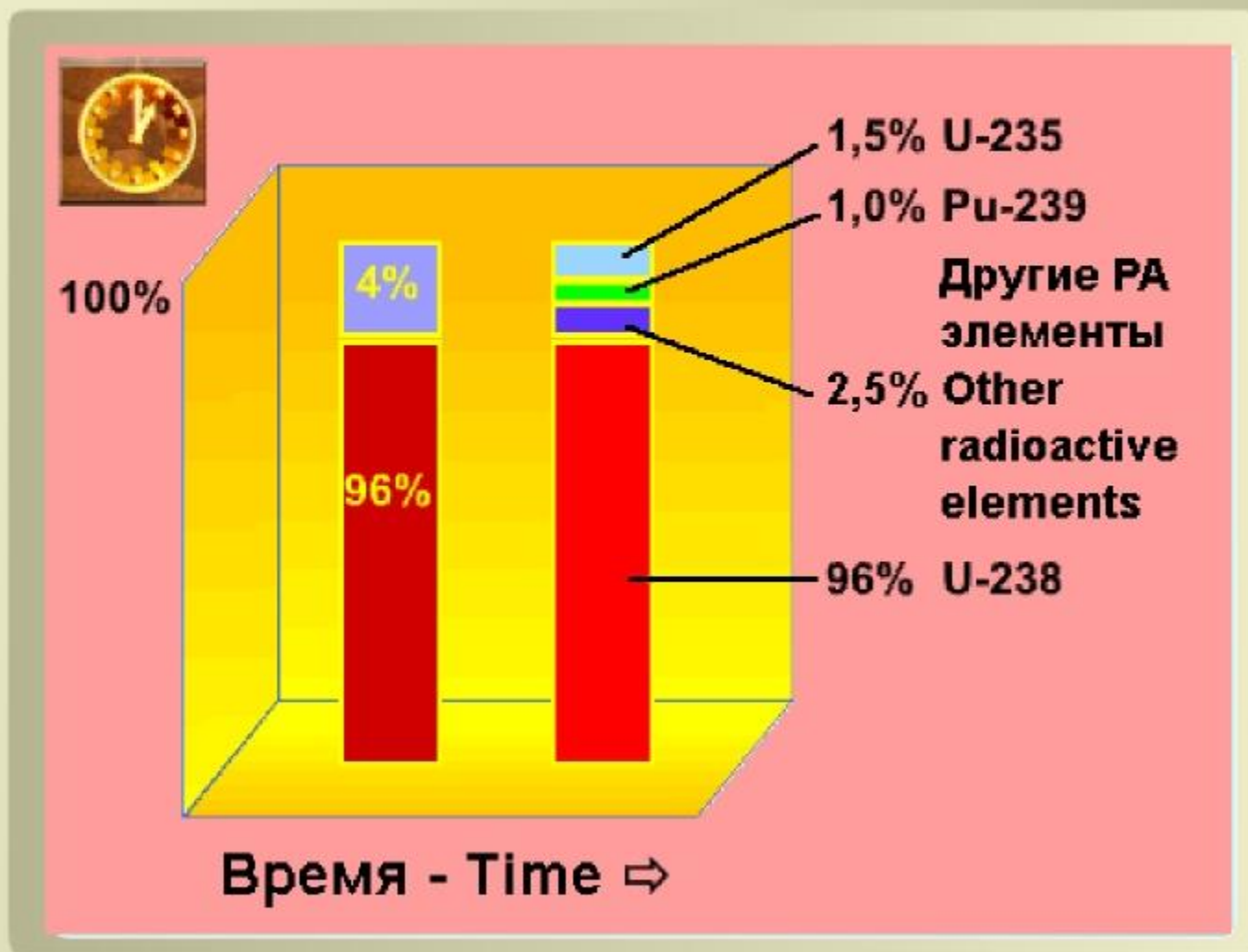
Страны	Ценовые категории запасов			
	<\$40/кг U	<\$80/кг U	<\$130/кг U	<\$260/кг U
Австралия	0	1612,0	1673,0	1679,0
Казахстан	498,0	534,0	733,0	950,0
Канада	367,0	447,0	485,0	545,0
Россия	0	55,4	487,2	650,3
Другие (43 страны)	68,6	1093,5	2025,8	2994,0
Всего	796,4	3741,9	5404,0	6306,3

Типы ядерного топливного цикла

Типы цикла Делящийся материал	Фертильный (воспроизводящий материал)	Энергия деления ядер МэВ		Основные продукты деления
		ядро	суммарная энергия	
Урановый топливный цикл ----- ^{235}U	Природный или обогатённый уран ----- $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$	^{233}U ----- ^{235}U ----- ^{239}Pu	198,5 ----- 204,1 ----- 210,3	25% — редкоземельные элементы 15% — цирконий 12% — молибден 6,2% — цезий 5,9% — стронций 16% — благородные газы
Уран-плутониевый топливный цикл ----- $^{235}\text{U}, ^{239}\text{Pu}$	Уран - 238 ----- ^{238}U	Реакции воспроизводства $^{238}\text{U} (n, \gamma) = ^{239}\text{U}$ $^{239}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{239}\text{Np} \xrightarrow{\beta^-} ^{239}\text{Pu}$		
Уран-ториевый топливный цикл ----- $^{233}\text{U}, ^{235}\text{U}$	Торий - 232 ----- ^{232}Th	$^{232}\text{Th} (n, \gamma) = ^{233}\text{Th}$ $^{233}\text{Th} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{Pa} \xrightarrow{\beta^-} ^{233}\text{U}$		

1 г урана-235 даёт ~ 1Мвт-сут

Изменение состава ЯТ при облучении в реакторе



Преимущества АЭС перед другими электростанциями



ВНИПИ
ПРОМТЕХНОЛОГИИ
РОСАТОМ

На экологических форумах последних двух лет принято решение довести выбросы CO₂ до нуля. При решении этой задачи у АЭС нет альтернативы. Лидеры ядерной энергетики (США, ЕС, Китай) включили финансирование развития ЯЭ в общие экологические программы.

Сравнительные показатели	АЭС	Электростанции на органическом топливе			Электростанции с возобновляемыми источниками энергии		
	U,Th	Уголь	Нефть	Газ	ГЭС	ВЭС	СЭС
Стоимость электроэнергии	2,2	2,8	2,3	2,3	1,0	4,9	10
Продолжительность надежного снижения, лет	55	270	45	60	не ограничено	не ограничено	не ограничено
Занимаемая площадь, км ² /1ГВт	0,63	2,4	0,87	1,9	270	170	100
Выброс CO ₂ при производстве 1 кВт/час	0	1290	940	1234	410	75	279
Годовые выбросы на 1000 МВт	0,01	140	98	-	0	0	0
Годовой выброс SO ₂ , т	0	165000	13000	13000	0	0	0
Годовой выброс оксидов азота	0	21	22	0,01	0	0	0

1 кг урана, обогащенного до 4 %, выделяет энергию эквивалентную 100 т угля и 60 т нефти.

Соотношение потребностей и производства урана, тыс. т



ВНИПИ
ПРОМТЕХНОЛОГИИ
РОСАТОМ

Общие потребности России, тыс. т

U

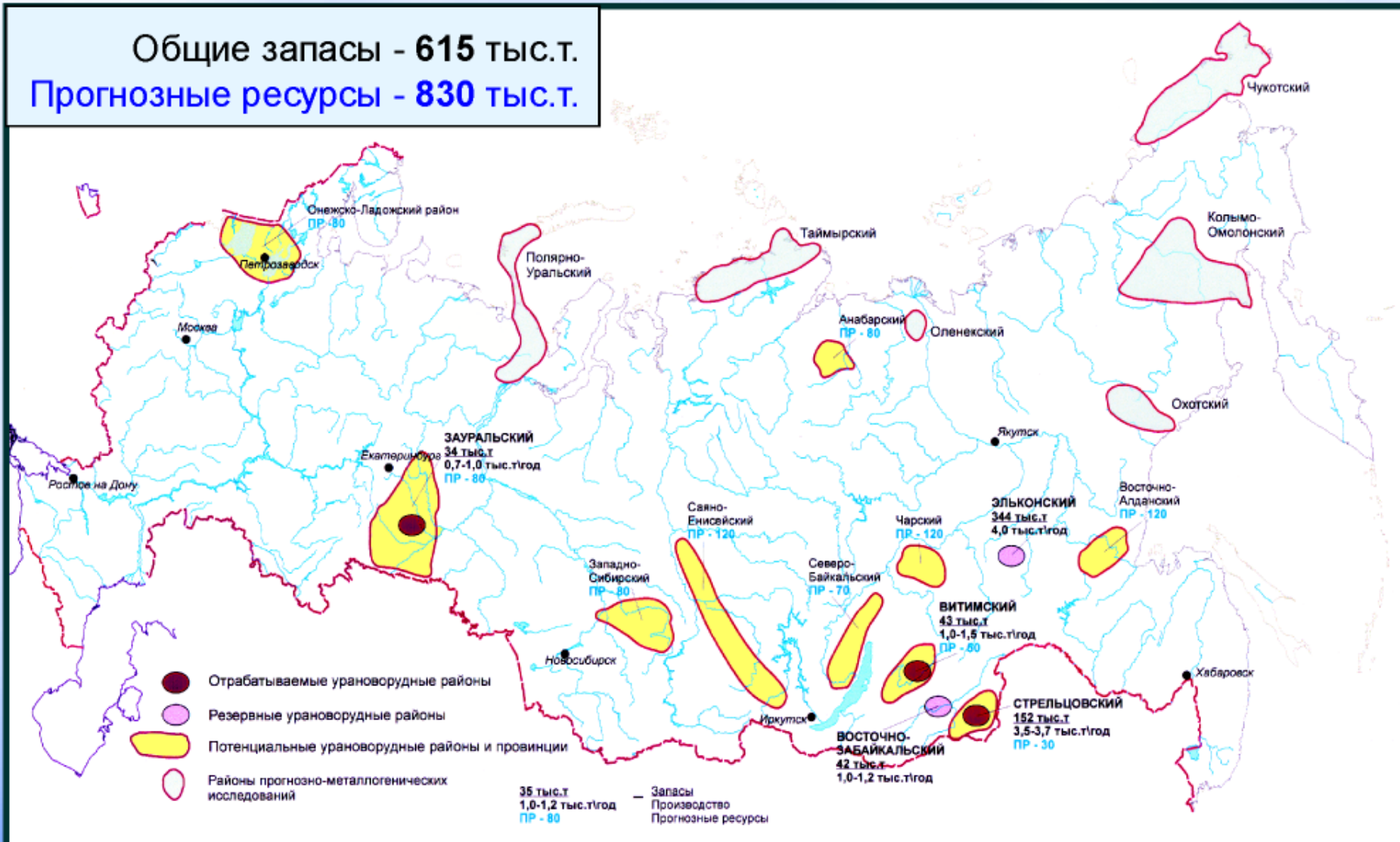
	2018-2021	2035-2040
АЭС России	5,0	6,7
АЭС стран с российскими (советскими) реакторами (Украина, Армения, Болгария, Венгрия, Румыния, Словакия, Чехия, Финляндия, Иран)	5,1	5-12
Всего	10,1	11-19
Строящиеся АЭС в Иране, Белоруссии, Турции, Бангладеш, Китае, Индии общей мощностью 17,2ГВт	3,3	3,3
Экспорт в США, ЕС и другие страны	6,0	2-4
Всего	19,4	24,3-26,3

Соотношение потребностей и производства, тыс. т U

Показатели	2018-2021	2035-2040
Потребности АЭС России и стран с российскими (советскими) реакторами	10	
Производство	7	
Дефицит	3	
Потребности с учетом экспорта -на АЭС за рубежом - в США, ЕС и другие страны	19,3	26,6-24,6
двух резервных месторождений освоения преодолеть дефицит урана не представляется возможным.	3,3	3,3
Дефицит	6,0	2,4
Дефицит	12,3	11,6-9,6

Схема размещения урановорудных районов

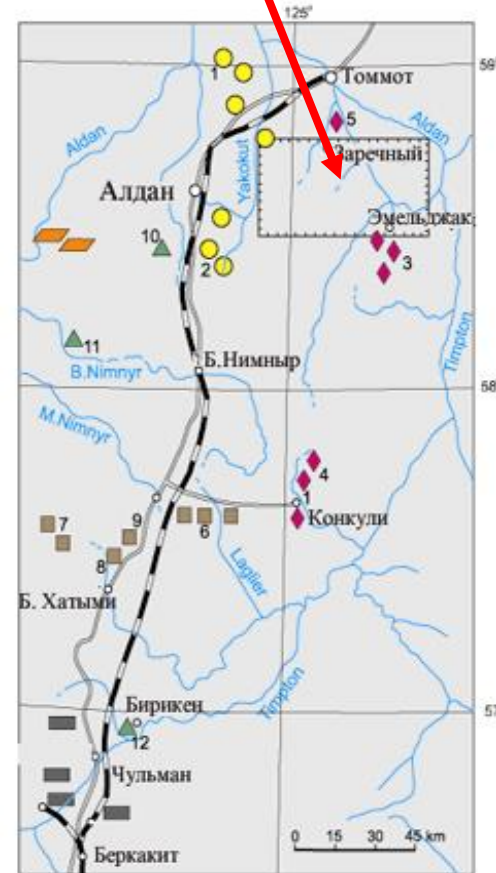
Общие запасы - **615** тыс.т.
 Прогнозные ресурсы - **830** тыс.т.



Эльконский урановорудный район на карте Республики Саха (Якутия)

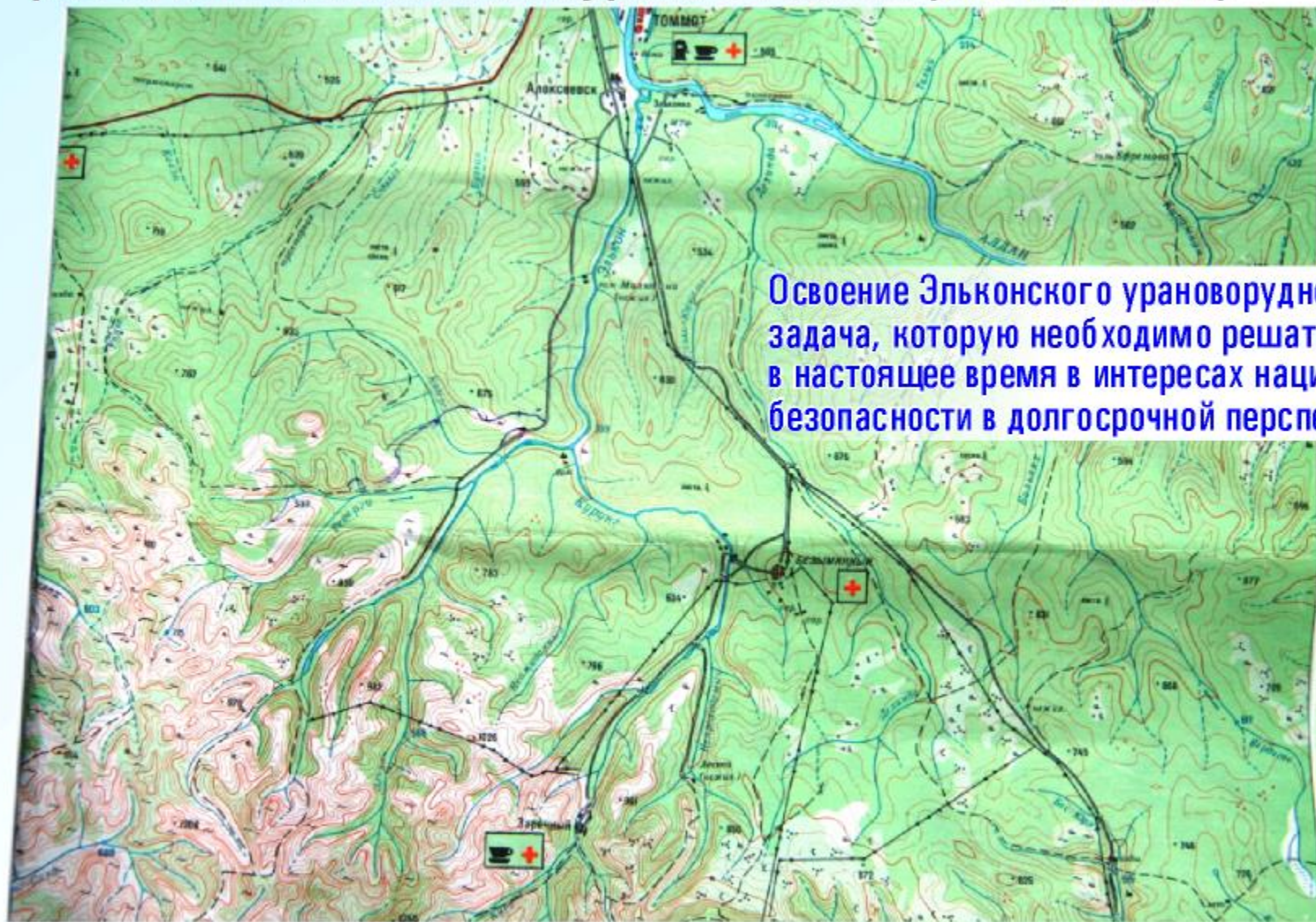


Эльконский урановорудный район



Местоположение: 35 – 40 км южнее города Томмот

Эльконский урановорудный район обладает самыми большими разведанными запасами урана в России (**344 тыс. тонн**)



Освоение Эльконского урановорудного района – задача, которую необходимо решать уже в настоящее время в интересах национальной безопасности в долгосрочной перспективе.

Достижение основной цели Программы развития атомной энергетики невозможно без развития производства урана на месторождениях Эльконского урановорудного района до **5 тыс. т/год к 2020 году**.

Славский Ефим Павлович



Руководитель советской атомной промышленности

- ▶ К 1945 году в СССР было произведено 13,1 тонн урана
- ▶ С 1962 года ежегодное производство урана достигло 25 тыс. тонн

26 октября 1898 г. - 28 ноября 1991 г.



Комполка Е.П.Славский
1926 г. Ему 28 лет.

По списку Парттысячи принят на
ускоренные курсы средней школы
при Академии им. М.В.Фрунзе.
В 1928 году принят в Горную
Академию на металлургический
факультет.

“За золотом” - по завету отца!



Памятник Ефиму Павловичу Славскому

Родился в бедной крестьянской семье на окраине г.Макеевка

Напутствие отца пятилетнему сыну:
“Фимка! Будь там, где золото добывают!”.

Окончил:

- ◆ 3 класса ЦПШ в 1908 году;
- ◆ подготовительные курсы Промакадемии по программе “Парттысячи” в 1928 году;
- ◆ Московский институт цветных металлов и золота, 1933, металлург

**Трижды герой соцтруда
1949, 1954, 1962 гг.
10 орденов Ленина**

**30 лет Министр
Среднего Машиностроения
с 1957 по 1986 гг.**



Мой адрес - не дом и не улица:

Минатом, Советский Союз!

ЖЕЛТІКЕ



ВОДЫ



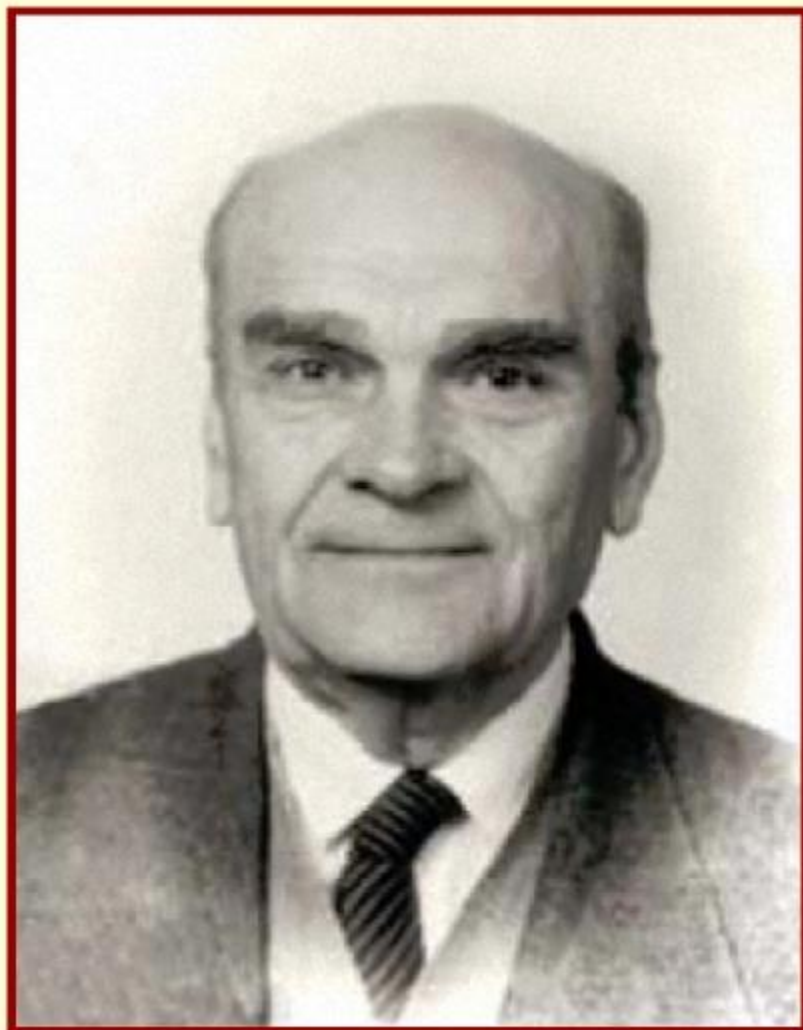
**Всероссийский
научно-исследовательский институт
химической технологии**



Скороваров Джон Иванович -
доктор технических наук, профессор,
директор ВНИИХТ с 1974 по 1999 гг.

Ближайший научный советник
Ефима Павловича по химической
технологии урана, золота и
других редких металлов для
атомной промышленности
в течение 1960-1986 гг.

Кедровский Олег Леонидович



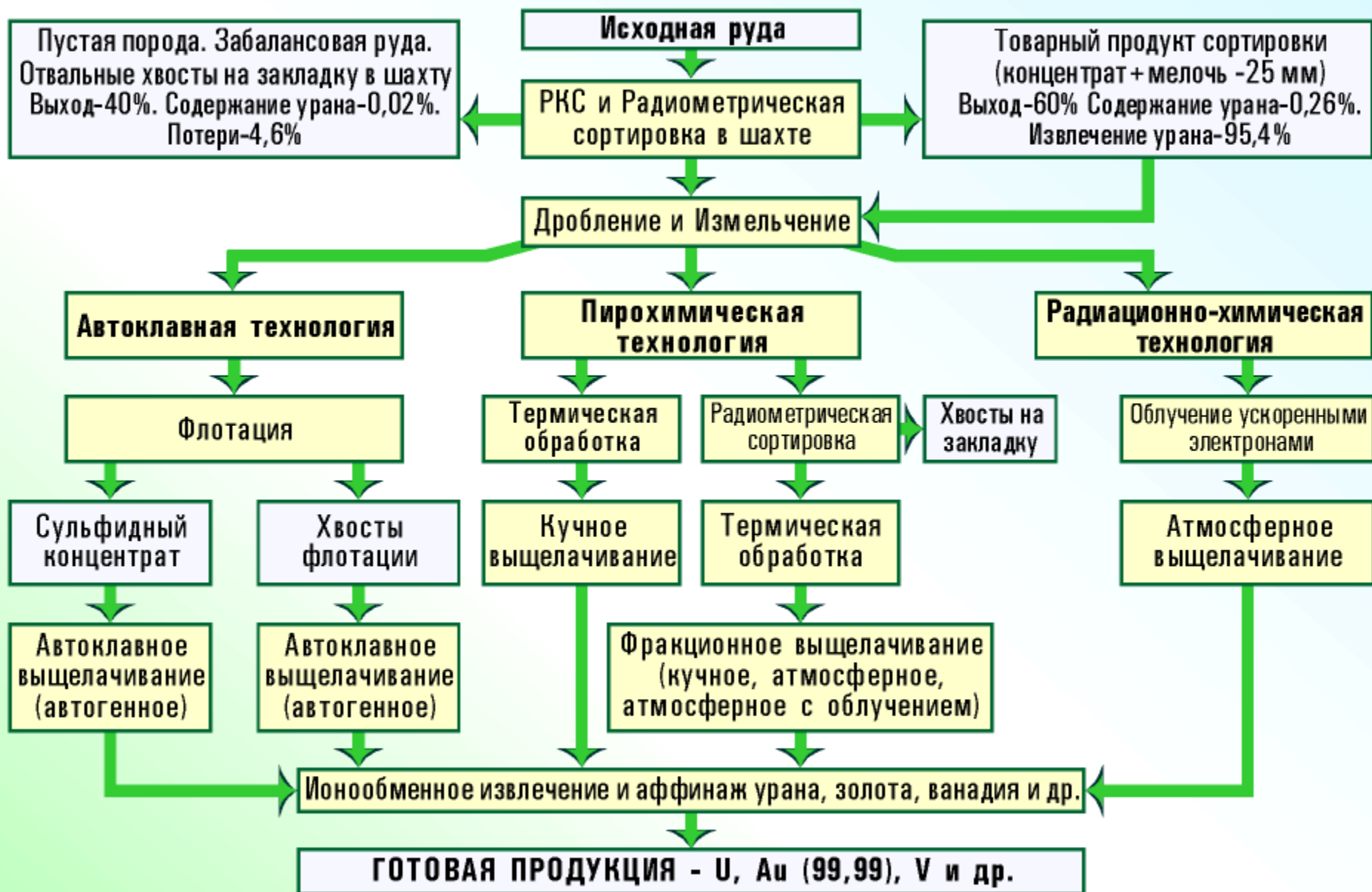
22.12.1918-02.12.2010

С 1947г. - начальник рудников объекта №3, главный инженер, начальник управления капитального строительства САО «Висмут» (ГДР). С 1953 г. К генеральный директор Горного общества «Кварцит» (Румыния).

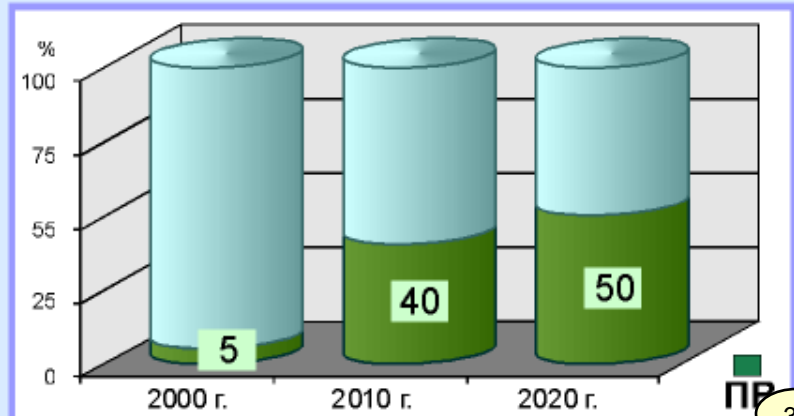
С 1958 г. - начальник управления Министерства среднего машиностроения СССР.

С 1965 г. - директор, 1992 - 2004 г. - главный научный сотрудник института ВНИПИпром-технологии (ПромНИИпроект). Доктор технических наук (1974), профессор (1978)

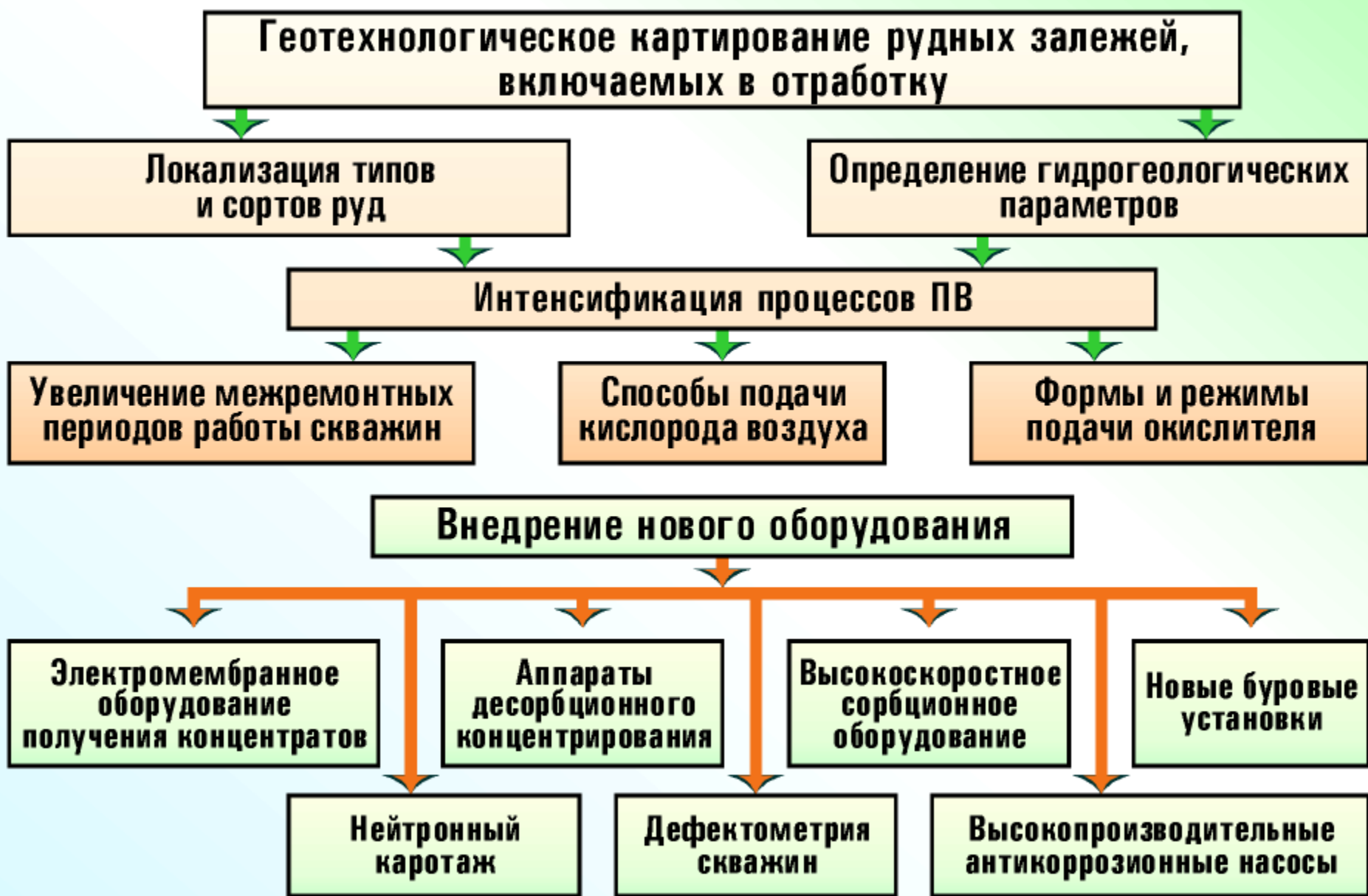
Новая технологическая платформа комплексной переработки урановых руд



Добыча природного урана методом подземного выщелачивания

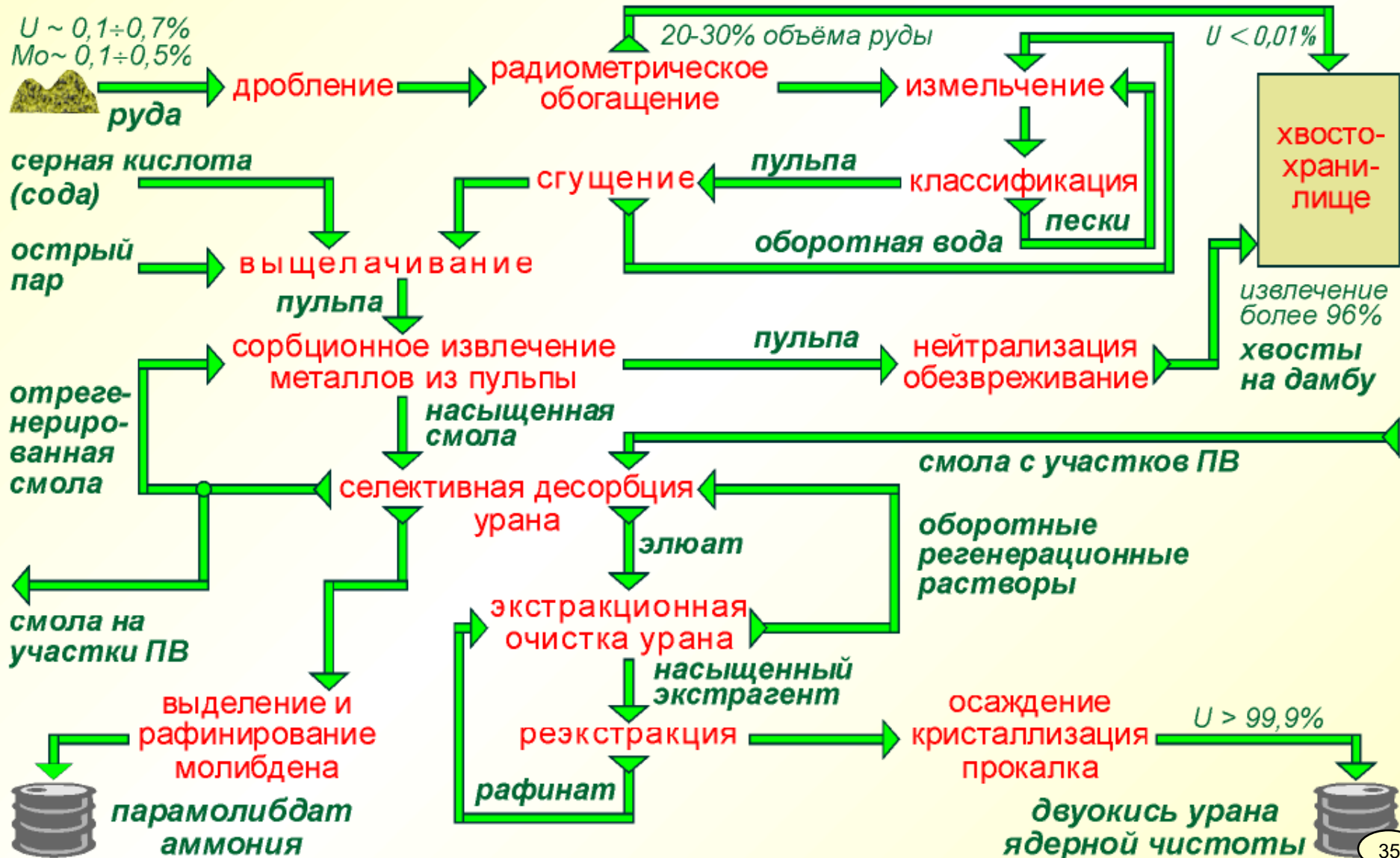


Технологические аспекты освоения новых месторождений урана способом подземного выщелачивания (ПВ)





Гидрометаллургическое получение урана ядерной чистоты



Академик Ласкорин Борис Николаевич

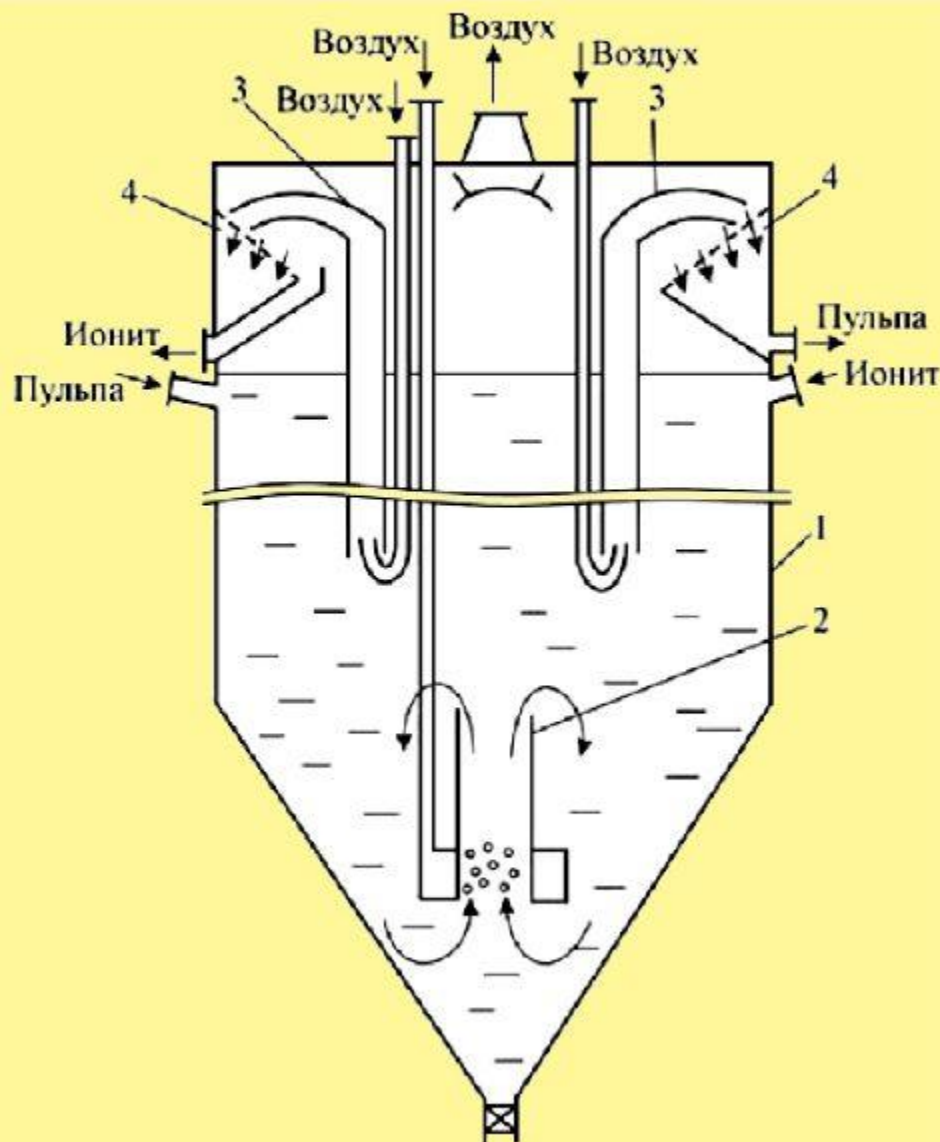


Заместитель директора
ВНИИХТ по науке

- ▶ Разработал методы извлечения из руд радиоактивных, цветных и благородных металлов (уран, золото, молибден) на основе теории сорбции металлов из пульп.
- ▶ Благодаря его работам, ВНИИХТ получил мировую известность как “урановый институт” и как “сорбционный институт”

11 июня 1915 г. - 22 февраля 1997 г.

Пачук сорбции урана из пульп



▷ Разработан под руководством Б.Н.Ласкорина в 1955 году и внедрён на всех урановых заводах СССР и многих других стран.

▷ Применение сорбции из пульп в 3-5 раз увеличило производительность заводов, резко снизило потребление энергии, воды и реагентов.

Условные обозначения

1 - корпус

3 - аэрлифты

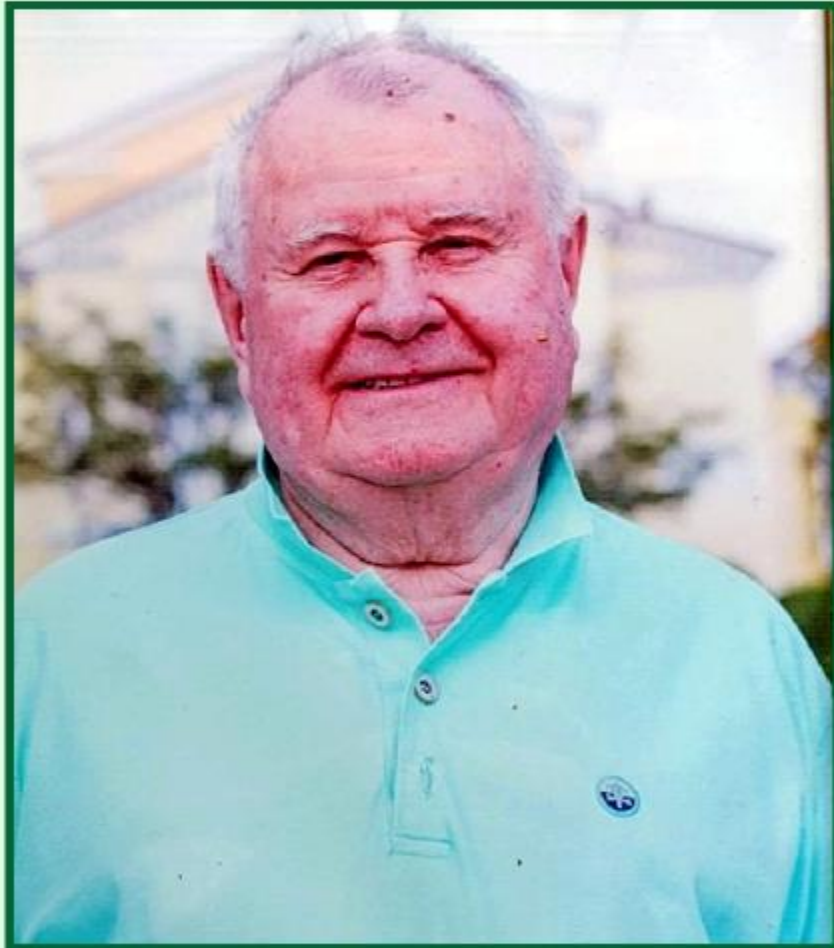
2 - дефлектор

4 - грохоты

Погрузка чистых солей урана (U_3O_8)



Знаменитые уранщики - мои Друзья **БЕЗРОДНЫЙ Станислав Александрович**



12 апреля 1936

Выпускник МХТИ 1959,
вырос и работал на Украине,
строитель, технолог,
директор уранового ГМЗ,
Главный инженер Уранового
комбината ВОСТГОК
(Желтые Воды)
Гл. инженер ГМЗ-102
(Зеленштед ГДР).

КОРОЛЬ УРАНА

Болдырев Валерий Алексеевич



28 июля 1942

Во ВНИИХТ с 1965 г. работал ведущим специалистом в области обогащения урановых и редкометалльных руд, переработки промышленных и бытовых отходов, утилизации сырья отвалов и хвостохранилищ.

Являлся экспертом МАГАТЭ. В 1990-2009 гг. - начальник отдела обогащения и рудоподготовки ВНИИХТ. Кандидат технических наук. Лауреат Государственной премии СССР, награждён Орденом Почета.

Тарханов Алексей Владимирович



1936 - 2025

Заслуженный геолог России.

**Многолетний эксперт
Урановой группы МАГАТЭ**

“Кажется, уран мне ничем не навредил, а только помог.

Я описал его поведение в двух диссертациях. В кандидатской - геохимию урана в Северном Криворожье, а в докторской - условия формирования крупнейших урановых месторождений мира. Уран свел меня со множеством интересных людей.

В погоне за ним я объехал всю страну и почти весь мир».

Камнев Евгений Николаевич

Заслуженный геолог РФ
Полный кавалер награды
“Шахтёрская слава”



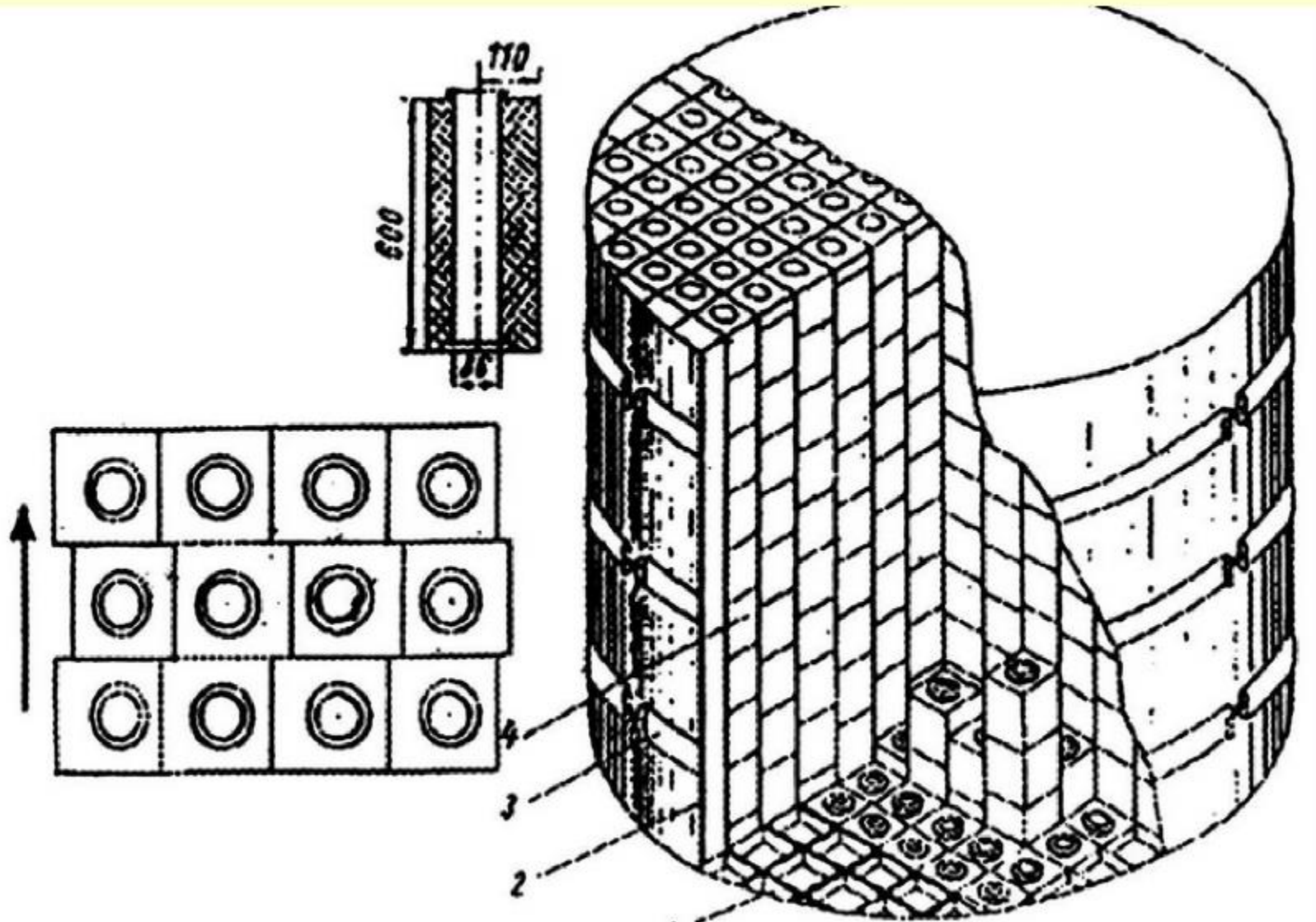
1934 - 2025

- ◆ Окончил МГРИ
- ◆ С 1956 г. работа в МСМ, Румыния, ГДР
- С 1968 по 2024 гг.
- ◆ ВНИПИпромтехнологии от м.н.с. до директора по НАУКе

Главные направления исследований:

- ◆ ЭМАНАЦИЯ радона ^{222}Rn в шахтах
- ◆ методы проветривания шахт от радона

Схема графитовой кладки активной зоны советского промышленного уран-графитового реактора.



Размер цилиндра — около 9 м в диаметре и столько же в высоту.

Александров Анатолий Петрович

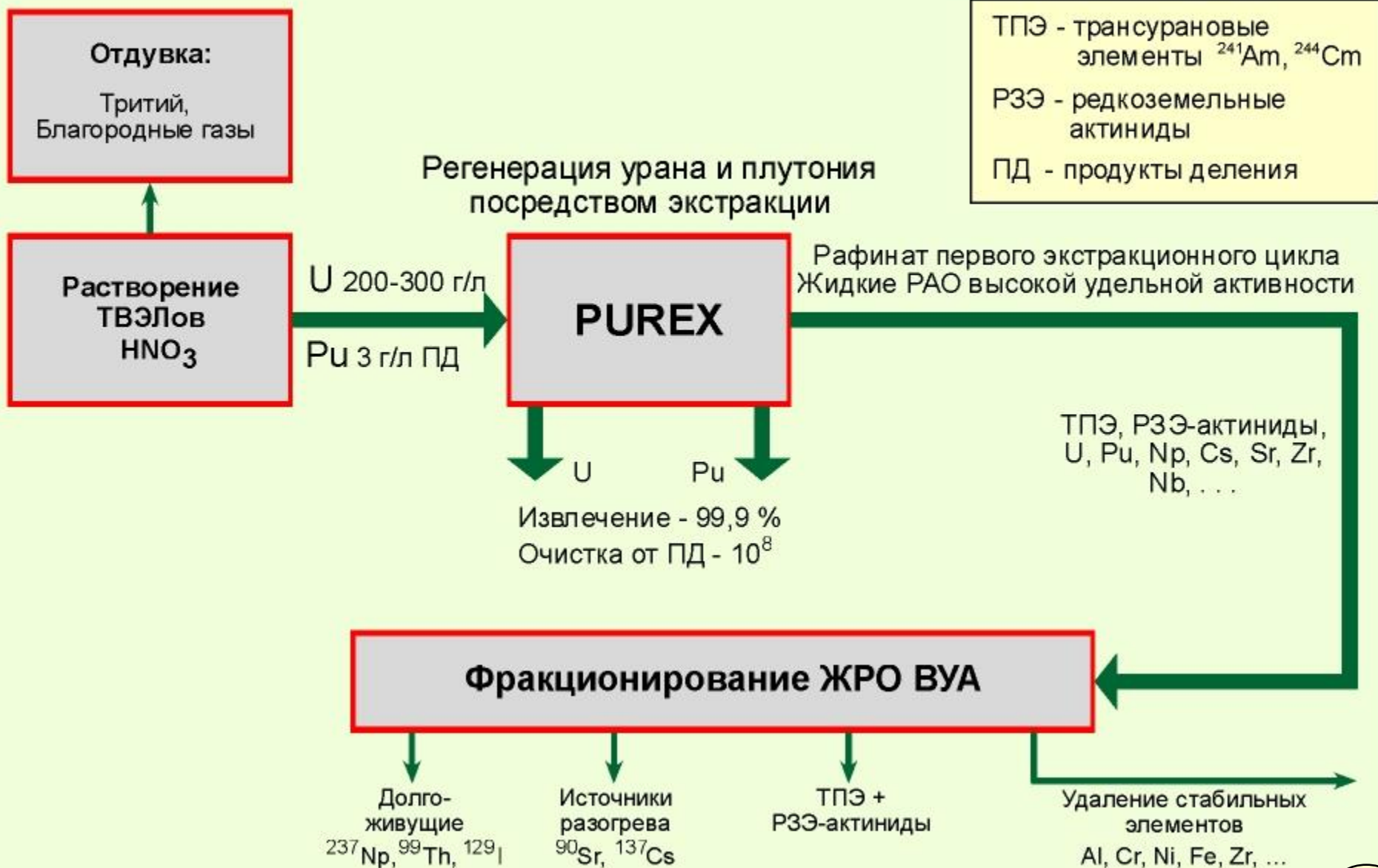


- ◆ Окончил Киевский университет, физик
- ◆ Трижды герой соцтруда
- ◆ Очень сблизился с И.В.Курчатовым за время работы по защите наших кораблей от магнитных мин (1938 – 1942 гг. Сталинская Премия 1942 г.)
- ◆ Промышленный пуск реактора (Маяк, 1948) по наработке плутония (совместно с Е.П.Славским)
- ◆ Разработка промышленной технологии получения Дейтерия на Чирчикском электрохимическом комбинате (во время директорства в ИФП АН СССР 1943 - 1955, вместо П.Л. Капицы)
- ◆ научное руководство (с февраля 1952) созданием атомного подводного и ледокольного флота СССР



13 февраля 1903 – 3 февраля 1994

Укрупненная схема переработки ОЯТ энергетических ядерных реакторов



Зинаида Васильевна Ершова



1903 - 1995

(Урановая Леди, русская Мадам Кюри)
по приглашению ректора Н.М.Жаворонкова
зачислена профессором в МХТИ 1959 - 85 гг
для чтения курсов по химии и технологии
радиоактивных элементов.

Награждена тремя Сталинскими премиями
(1949 - р/х Плутония), (1951 - р/х Полония),
(1953 - р/х Трития).

Е.П. Славский: «Наша Зинаида - ЗОЛОТО!
Голыми руками сделала первые слитки
урана для опытного реактора в 1946 г.!»

Обогащение природного урана



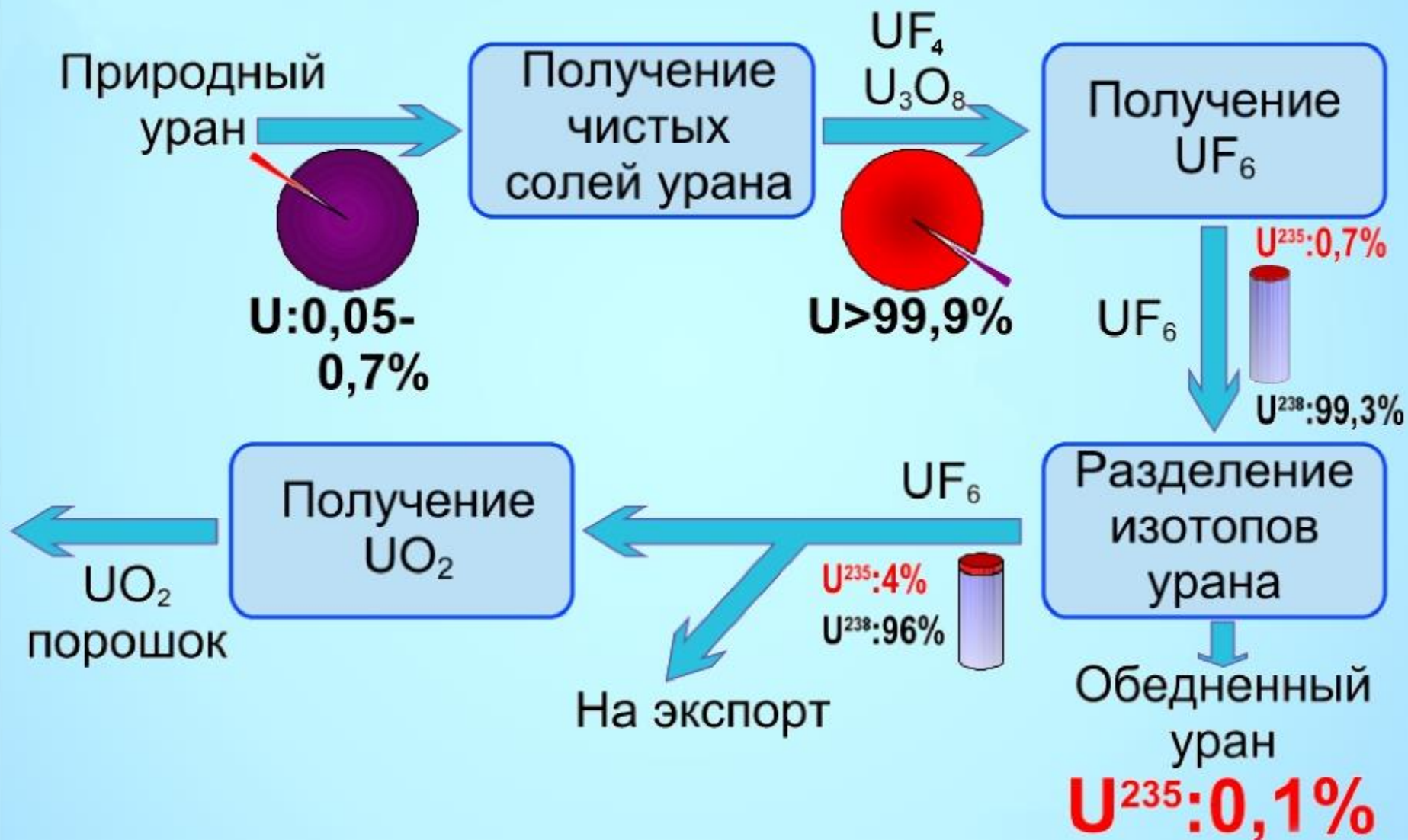
Для проведения процесса обогащения природный уран переводят в форму гексафторида.

В результате обогащения урана по изотопу U-235 образуются обогащенный урановый продукт (ОУП) и обедненный гексафторид урана (ОГФУ).

ОУП передается потребителю, а ОГФУ направляется на хранение и последующую переработку.



Общая схема обогащения урана

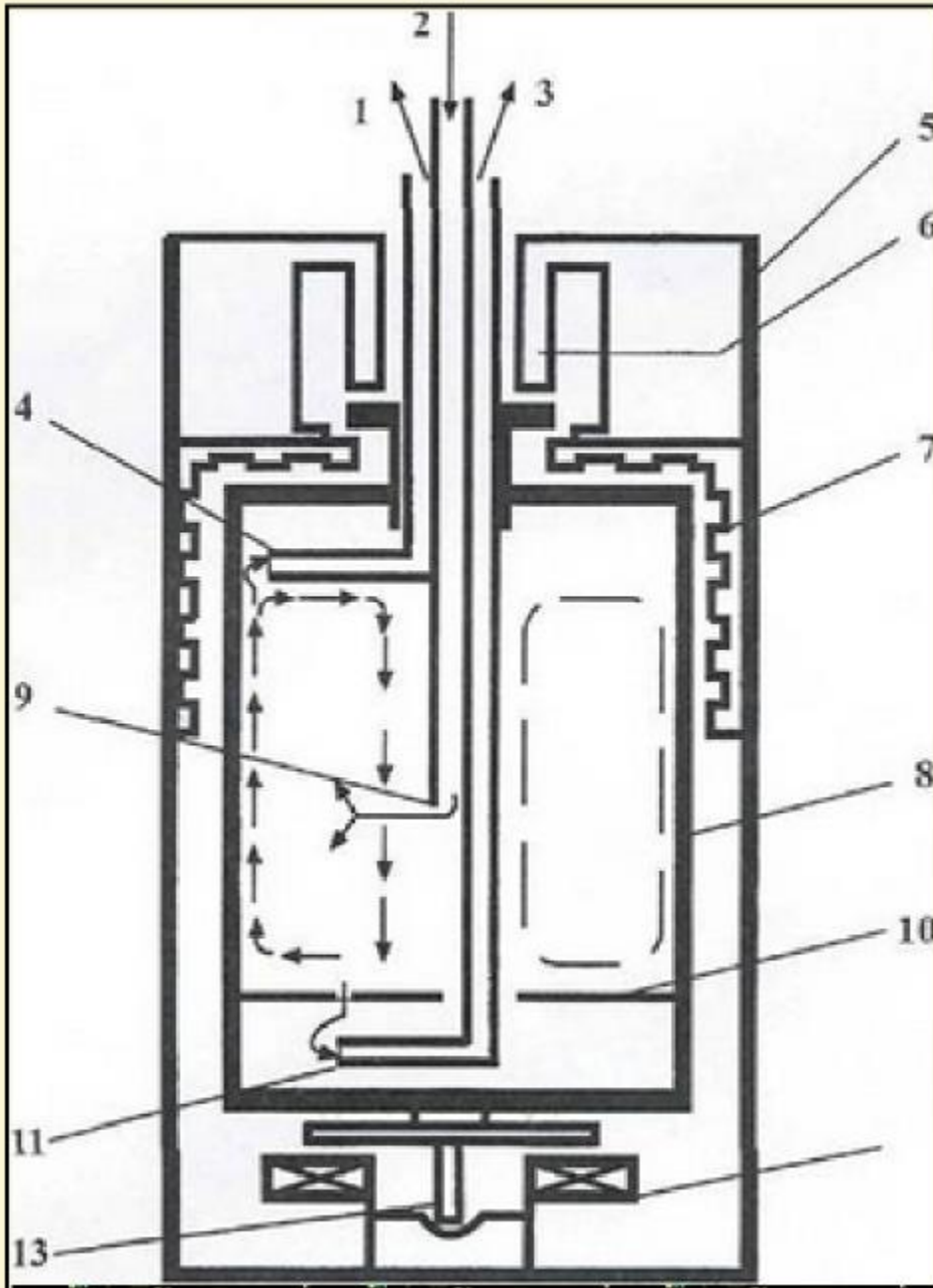


Хранение ОГФУ на АЭХК



- Возможность доизвлечения содержащегося в ОГФУ изотопа урана-235 позволяет рассматривать его как дополнительный источник сырья для получения уранового топлива
- Содержащийся в ОГФУ фтор целесообразно возвращать в сублиматно-разделительный цикл для получения сырьевого гексафторида урана
- ОГФУ представляет собой ядерно-чистый продукт, готовый к использованию в производстве топлива для реакторов на быстрых нейтронах
- ОГФУ является потенциальным сырьевым источником в производстве керметов, спецбетонов, хладонов и других продуктов, используемых в народном хозяйстве

Центрифуга для изотопного обогащения урана



- 1 - отбор тяжелой фракции;
- 2 - питание;
- 3 - отбор легкой фракции;
- 4 - верхний газозаборник;
- 5 - защитный кожух;
- 6 - магнитный подшипник;
- 7 - молекулярный насос;
- 8 - ротор;
- 9 - питание;
- 10 - диафрагма;
- 11 - нижний газозаборник;
- 12 - статор;
- 13 - игла.

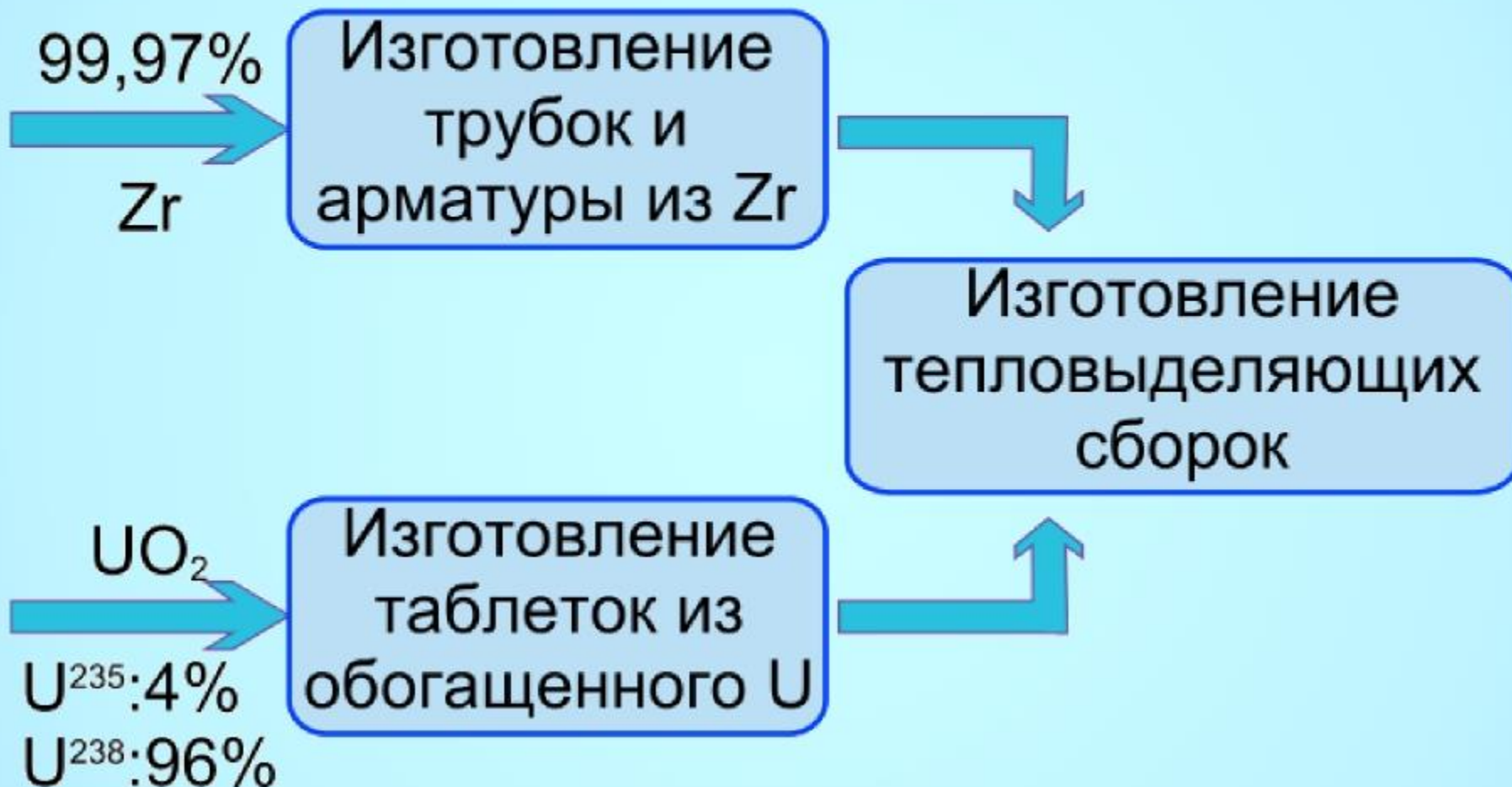
Каскады центрифуг СЭХК Красноярск 45



Каскады центрифуг СЭХК Красноярск 45



Изготовление ядерного топлива



Трубы, прутки, трубчатые сварные соединения из сплавов циркония



Топливные таблетки



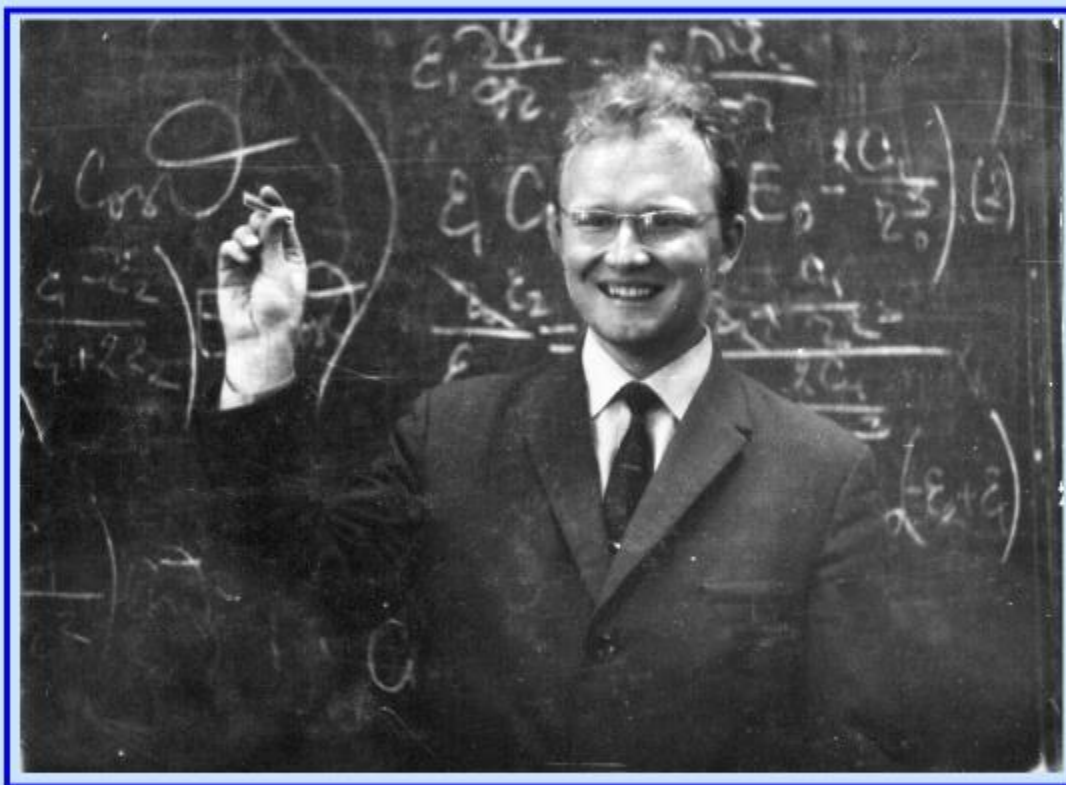
Тепловыделяющие сборки



Кузин Рудольф Евгеньевич Я - автоматчик

Работа в МСМ с 1962 г. - 59 лет

Создание АСУТП и программных средств на 12 объектах сырьевой подотрасли МСМ.



Окончил:

1962 г., МЭИ, кафедру автоматики (АВТФ), инженер-электрик,

1975 г., МГУ, кафедру оптимального управления (ВМКФ), математик-вычислитель.

Цепочка образования урана-232 (только в реакторе в потоке нейтронов)

