



Четвертый Российский экономический конгресс

Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова
21–25 декабря 2020 года



ТЕХСНАБЭКСПОРТ
РОСАТОМ

Сессия 22.22.1

Экономические оценки в экономике природопользования

Методика прогнозирования себестоимости добычи урана для ядерной энергетики в условиях ограниченности его ресурсов

Авторы:

Ульянин Юрий Александрович, **Павлов** Юрий Георгиевич
(АО «Техснабэкспорт», ГК «Росатом»)
Харитонов Владимир Витальевич (НИАУ МИФИ)

22 декабря 2020 г.



75 ЛЕТ
АТОМНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

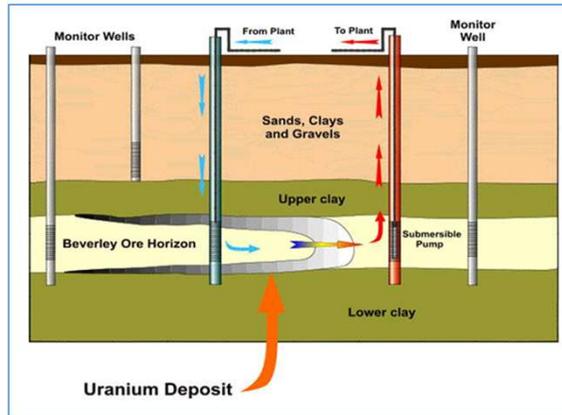
ОПЕРЕЖАЯ
ВРЕМЯ

ЭКОНОМИКА РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ФОКУС
НА БИЗНЕСЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ КОМПАНИИ

УЧАСТНИЦЕ ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА ПРОДУКЦИИ ЯТЦ

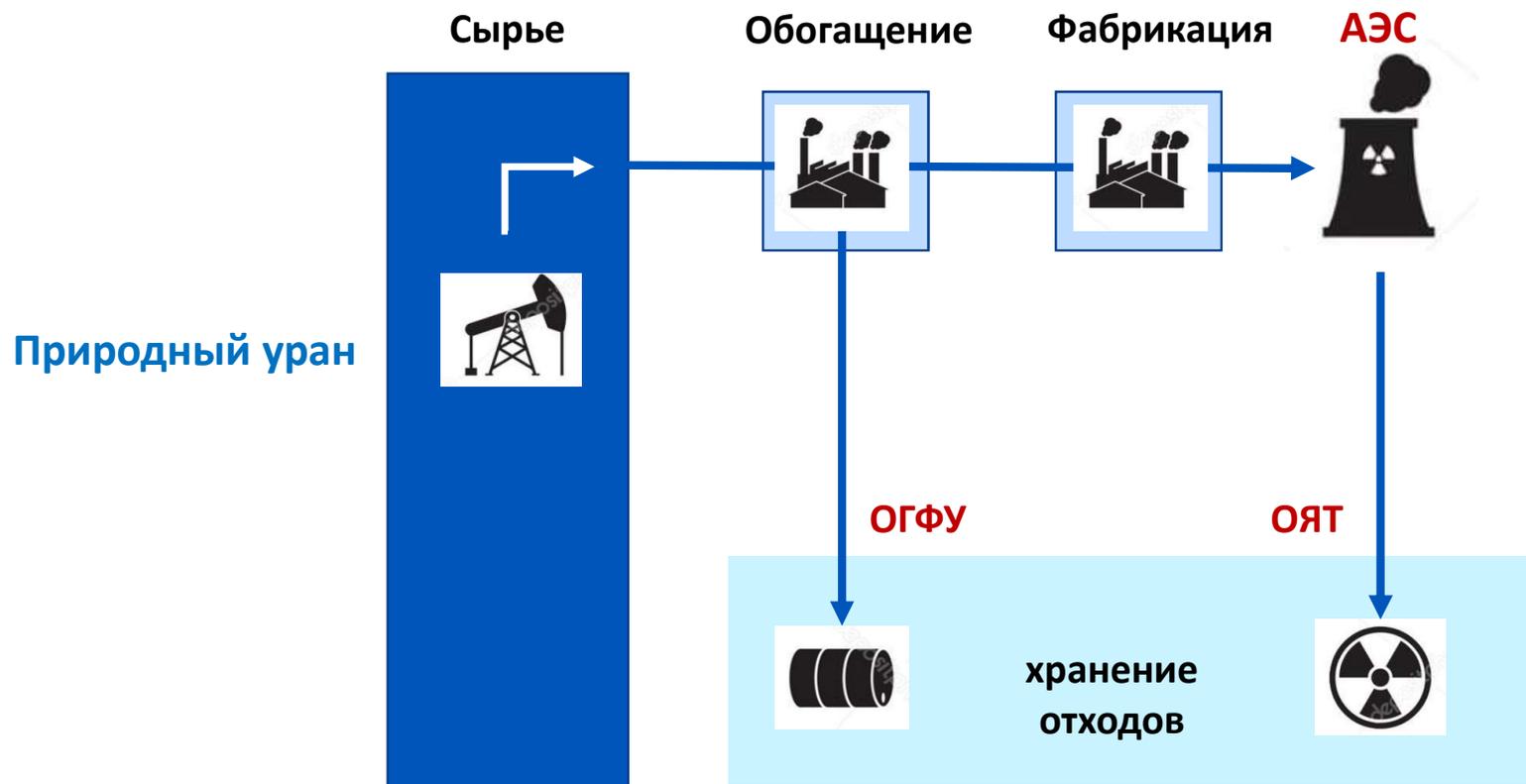
Путь от добычи природного урана



До изготовления тепловыделяющих сборок ядерных реакторов

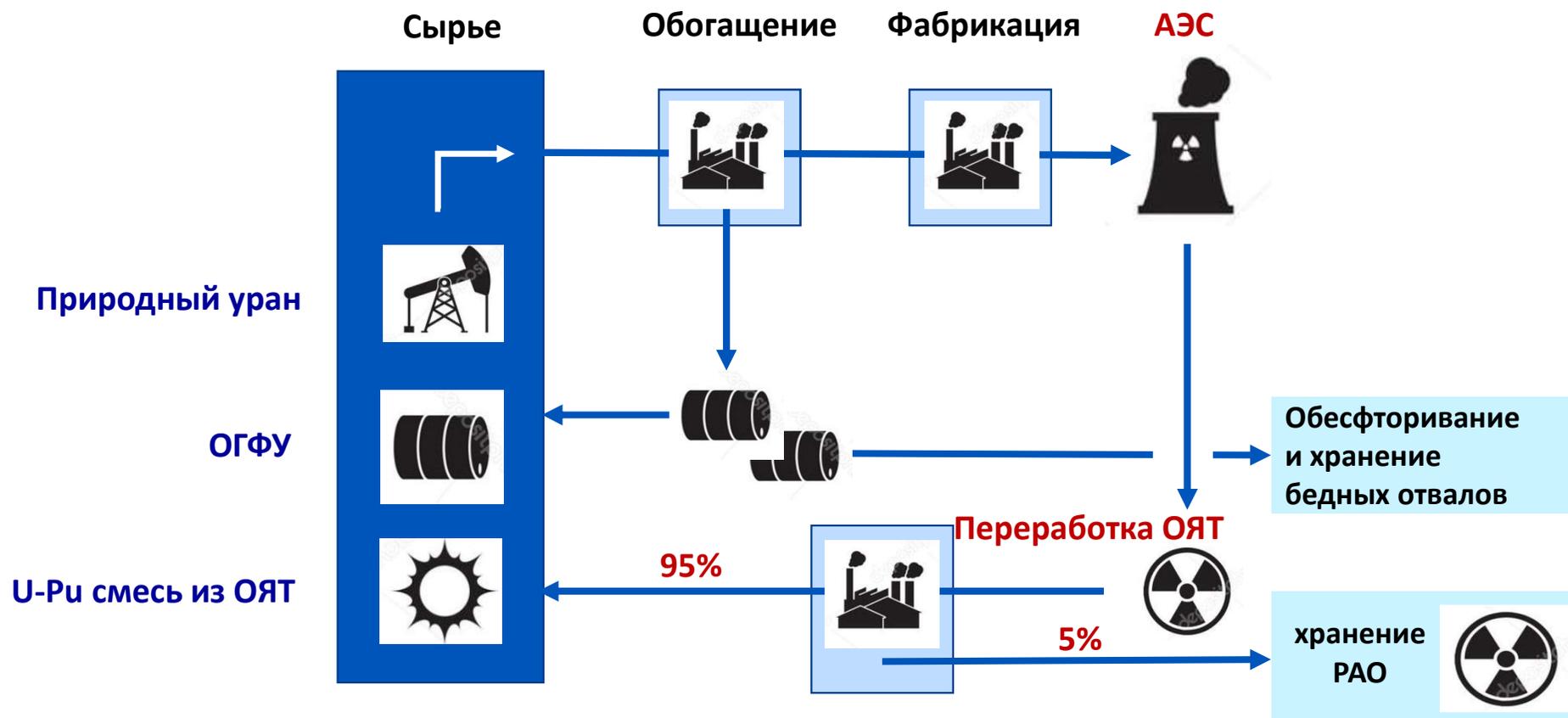


СУЩЕСТВУЮЩИЙ ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ АЭС (РЕАКТОРЫ НА ТЕПЛОВЫХ НЕЙТРОНАХ)



ОГФУ – Обедненный Гекса-Фторид Урана, **ОЯТ** – Отработанное Ядерное Топливо

СБАЛАНСИРОВАННЫЙ ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ АЭС



Предложения для рынка: 1) обогащение природного урана, 2) обогащение ОГФУ, 3) переработка ОЯТ и производство уран-плутониевого РЕМИКС-топлива

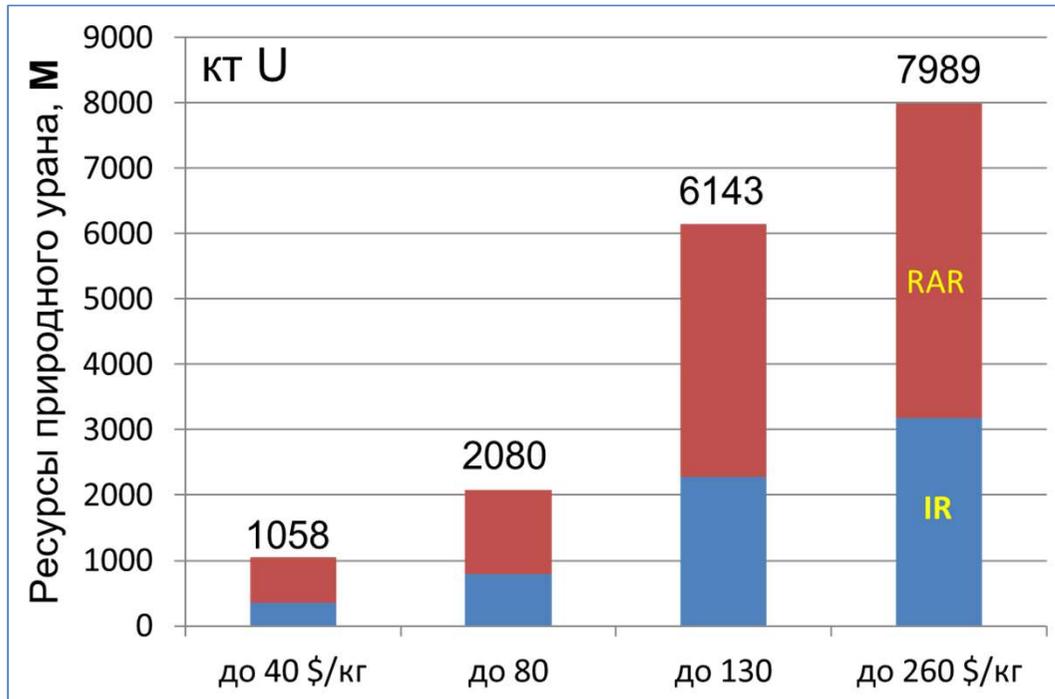
Экономическое обоснование диверсификации бизнеса производственно-сбытовой компании на основе моделей ресурсного обеспечения ЯТЦ для разных сценариев развития мировой ядерной энергетики включает разработку:

- 1. Методики оценки влияния ограниченности ресурсов природного урана на динамику и себестоимость его добычи, на котировки, на динамику накопления ОГФУ и ОЯТ**
2. Методики расчета энергетической и экономической ценности ресурсов ОГФУ в качестве вторичного источника ядерного топлива.
3. Методики расчета экономической эффективности сбалансированного ЯТЦ на уран-плутониевом РЕМИКС-топливе
- 4. Экономико-математической модели для расчета эффективности продуктового и инвестиционного портфеля поставщика продукции ЯТЦ.**
5. Имитационной модели рынка ЯТЦ.

Практические аспекты реализации - в бизнес-решениях АО «Техснабэкспорт»

Мировые извлекаемые ресурсы природного урана

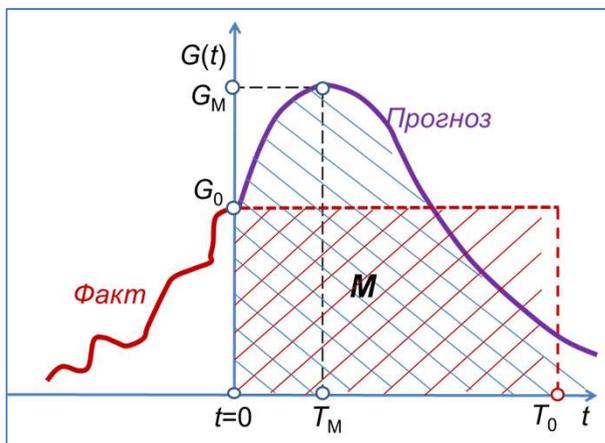
по себестоимости добычи от «<40 \$/кг» до ««<260 \$/кг»



Reasonably Assured Resources (RAR)+Inferred Resources (IR)=Identified Resources
Достоверно оцененные ресурсы + Предполагаемые ресурсы = Выявленные ресурсы

Источник: Uranium 2018: Resources, Production and Demand. OECD 2018, NEA No. 462 p.

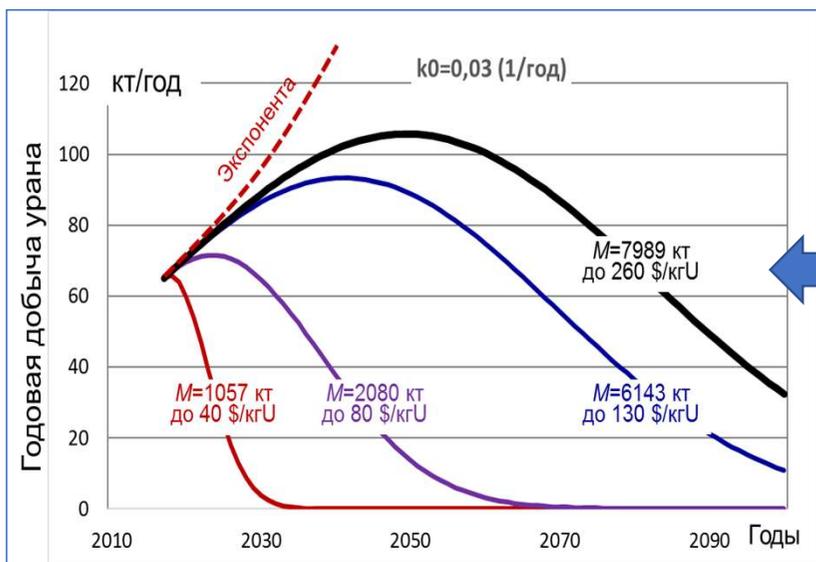
Модель истощения невозобновляемого ресурса



$$G(t) = G_0 \frac{(2 + \theta)^2 \exp(T)}{(\exp(T) + 1 + \theta)^2} \quad - \text{ годовая добыча, кгУ/год}$$

$$\theta = k_0 M / G_0 \quad - \text{ безразмерный параметр истощения}$$

$$T = \left(k_0 + \frac{2}{T_0} \right) t \quad - \text{ безразмерное текущее время}$$

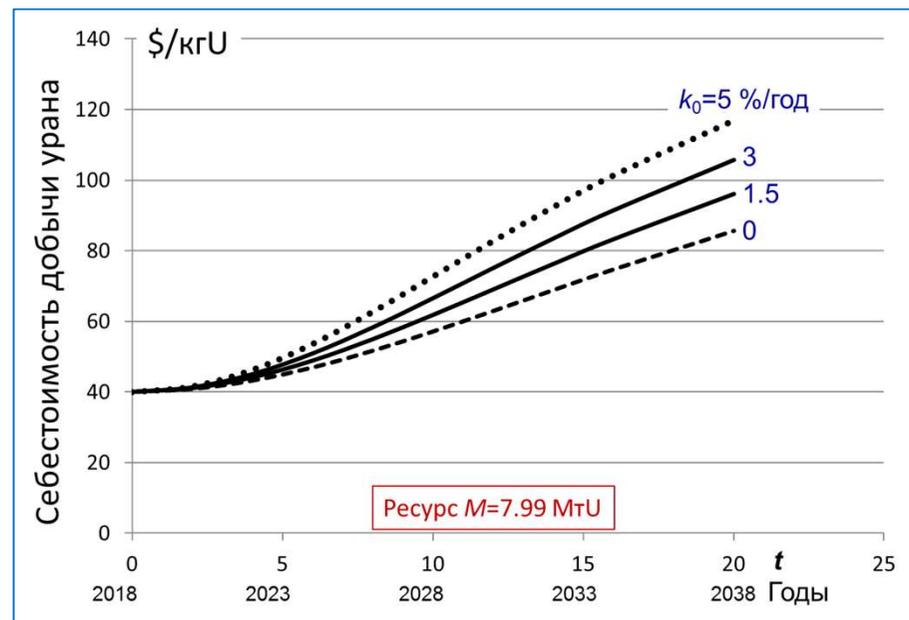


Динамика истощения ресурсов урана с разной себестоимостью добычи при высоком начальном темпе развития ядерной энергетики $k_0 = 3\%$ /год

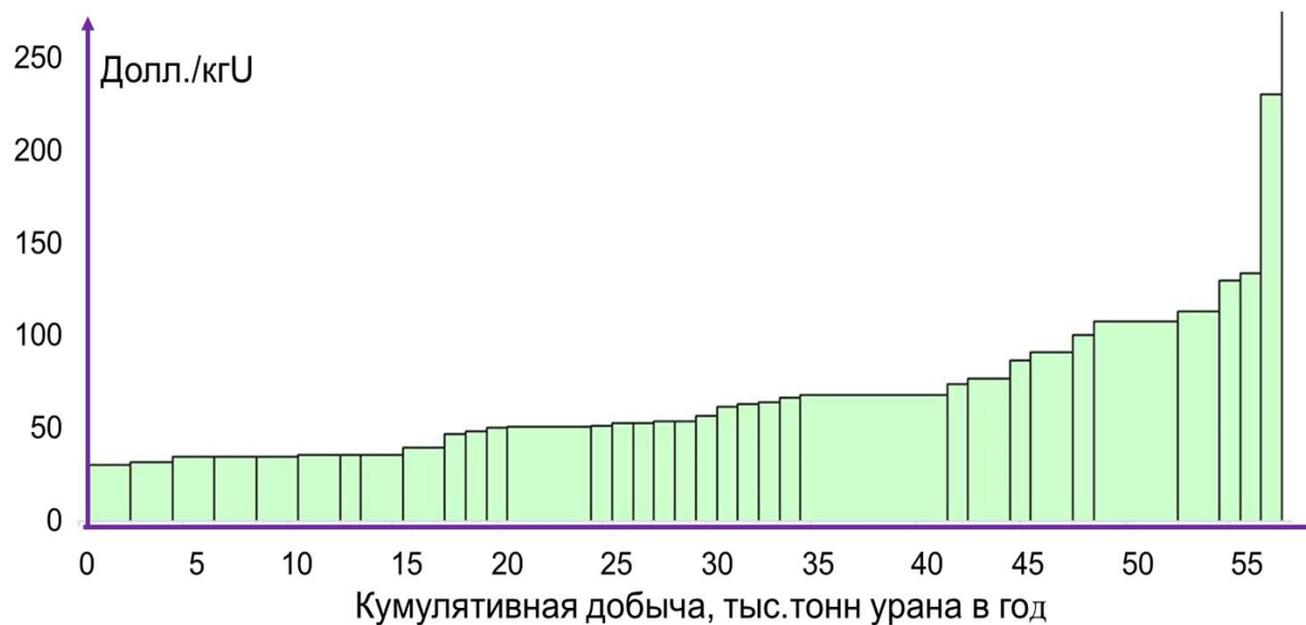
Средневзвешенная себестоимость добычи урана

Средневзвешенная себестоимость добычи в каждый момент времени можно оценить с помощью выражения

$$C_F(t) = 40 \frac{G_{40}(t)}{G_{260}(t)} + 80 \frac{G_{80}(t) - G_{40}(t)}{G_{260}(t)} + 130 \frac{G_{130}(t) - G_{80}(t)}{G_{260}(t)} + 260 \frac{G_{260}(t) - G_{130}(t)}{G_{260}(t)}$$



Распределение продаж природного урана из месторождений с разной себестоимостью добычи

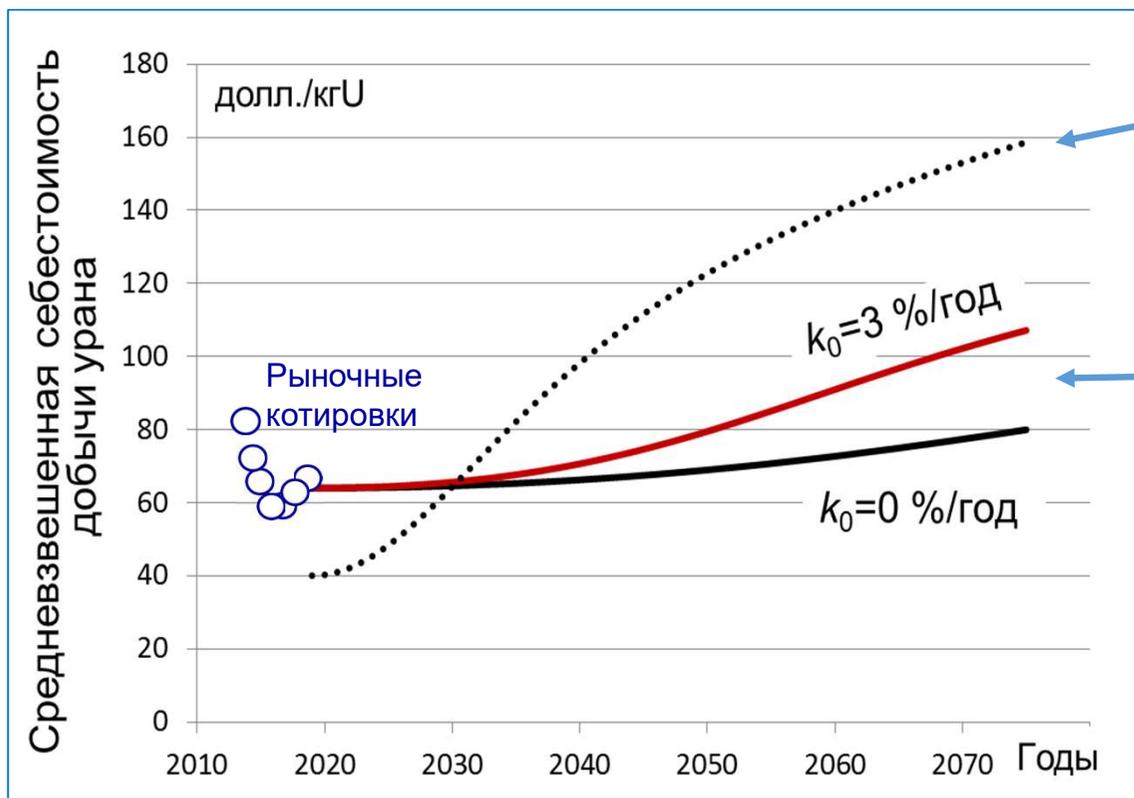


Источник: WNA, 2018

РОСТ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ДОБЫЧИ УРАНА

$$C_F(t) = C_1 \frac{G_1(t)}{\sum_i G_i(t)} + \dots + C_4 \frac{G_4(t)}{\sum_i G_i(t)}$$

C_i - средняя себестоимость добычи в каждой i -ценовой группе, соответствующей классификации МАГАТЭ, $G_i(t)$ - динамика истощения ресурса в каждой i -группе с соответствующим ресурсом M_i .

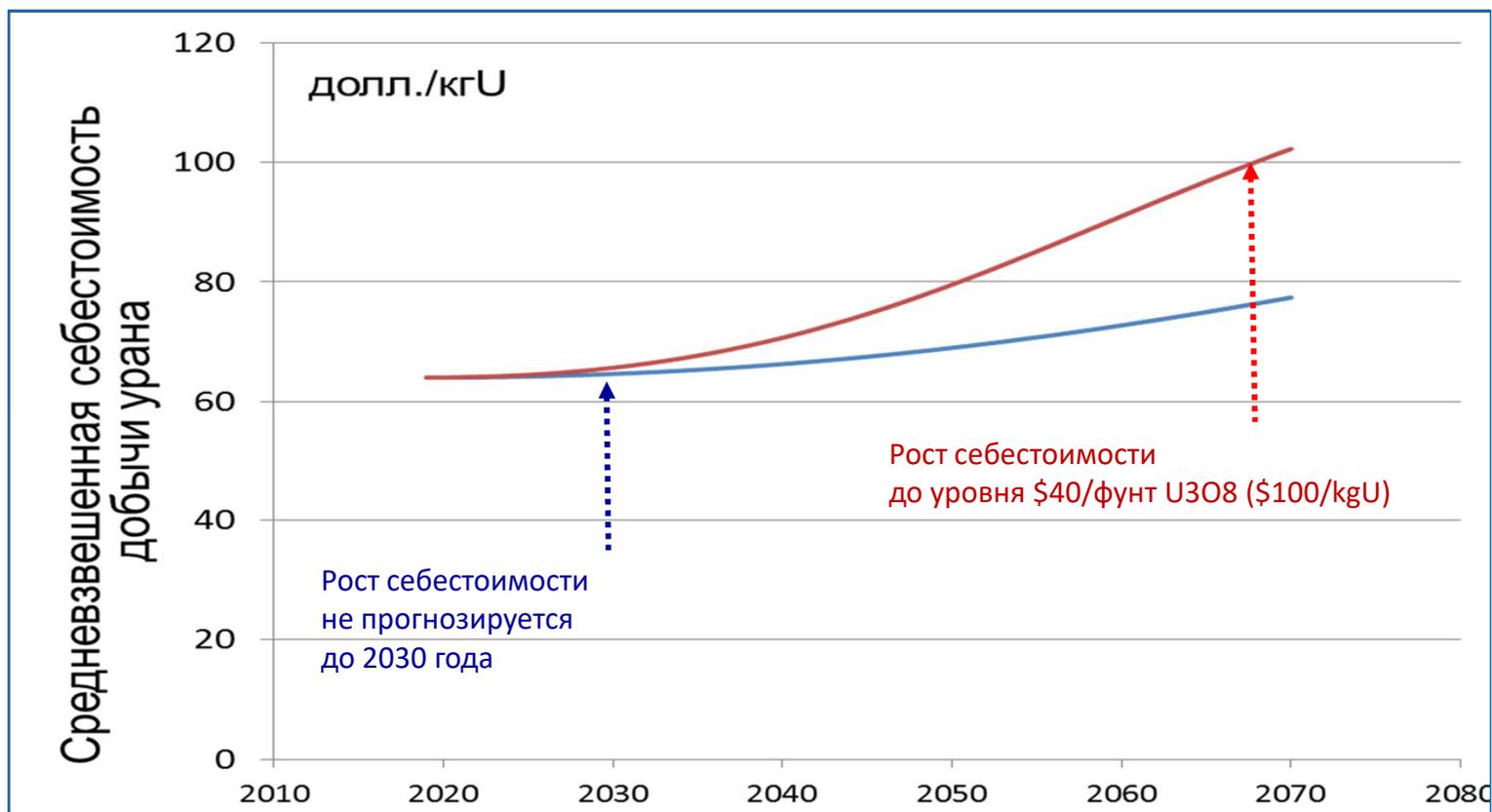


расчет в предположении, что в первую очередь вырабатываются (исчерпываются) наиболее дешевые месторождения

расчет для реального распределения поставок урана в начале прогнозного периода

**Что экономически целесообразно:
скупать уран на рынке урана или инвестировать в месторождения?**

Шахтер или трейдер?



Что в итоге?

Разработанная в сотрудничестве с учеными МИФИ

прогнозная модель исчерпания невозобновляемых ресурсов (природный уран)

позволяет получить дополнительные аргументы

для бизнес-решений

производственно-сбытовой компании.



Мирная
Атомная
Энергетика



75 ЛЕТ
АТОМНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОПЕРЕЖАЯ
ВРЕМЯ

Четвертый Российский экономический конгресс

Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова
21–25 декабря 2020 года



ТЕХНАБЭКСПОРТ
РОСАТОМ

Спасибо за внимание!

