



Обоснование приоритетных сценариев развития глобальных инициатив для достижения ЦУР на примере атомной энергетики в условиях современных макроэкономических трендов

Авторы:

Подчуфаров Андрей Юрьевич

Галкина Анастасия Николаевна

Ванина Светлана Сергеевна

Аустер Иван Александрович



Глобальные инициативы

Глобальная инициатива – формализованная позиция представителей международного сообщества, направленная на разработку и реализацию долгосрочных проектов для реагирования на глобальные вызовы.

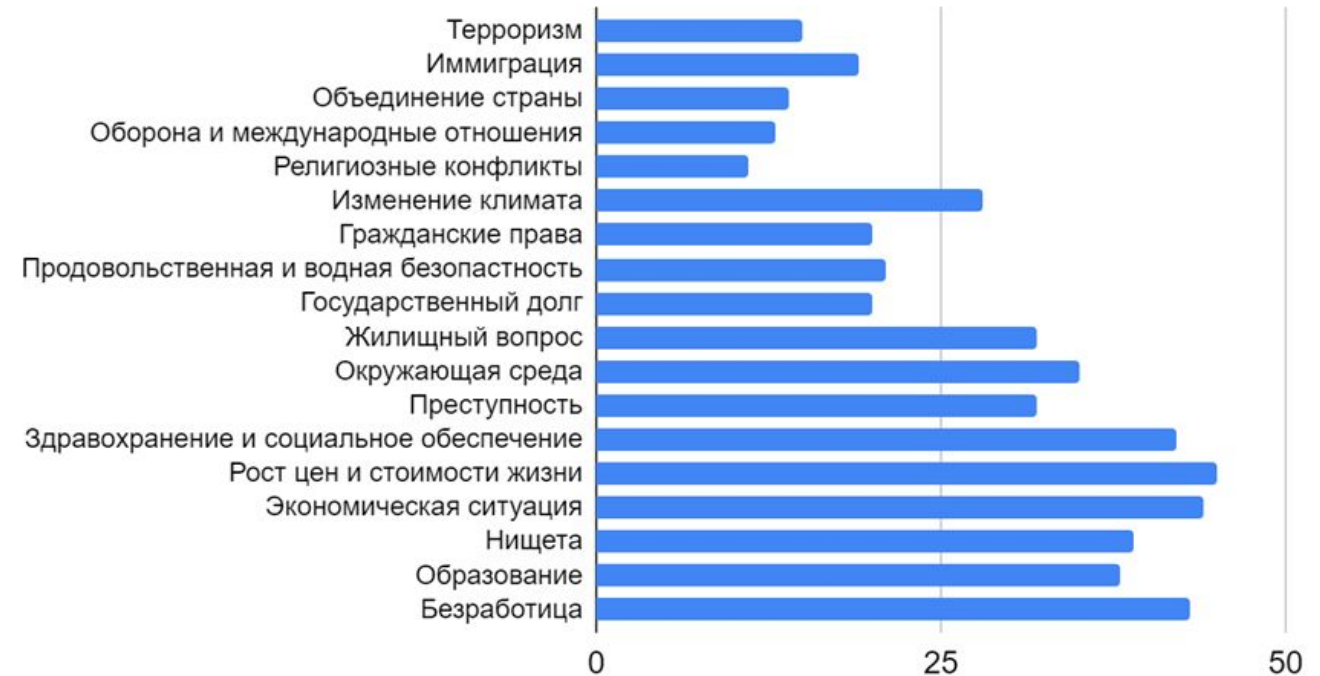
Исторические и современные глобальные инициативы охватывают широкий спектр областей:

- активное освоение новых континентов в XVI – XVII веках;
- развитие автомобилестроения и авиации;
- ядерная физика;
- освоение космоса;
- технологии интенсификации сельского хозяйства;
- генная инженерия;
- информационные технологии и искусственный интеллект;
- инициативы в области энергетики
- ...



- Концепция Целей устойчивого развития (ЦУР) определила новый этап возможностей для решения глобальных вызовов человечества через институт глобальных инициатив;
- Новый этап развития методологических подходов и инструментов оценки влияния глобальных инициатив на ЦУР;
- Усиление процессов трансформации в сфере энергетики и повышение роли энергетики как фактора влияния на глобальные вызовы;
- Активная дискуссия вокруг перспектив развития атомной энергетики.

Усредненное восприятие текущих глобальных вызовов



Устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

ЦУР представляют собой первую попытку всесторонне интегрировать и решить широкий спектр глобальных проблем в рамках **единой концепции**.



Социально-философские, естественнонаучные и математические предпосылки и положения в основе ЦУР: глобальный эволюционизм, коэволюция, системный подход, синергетика



Сравнительный анализ подходов к оценке устойчивого развития

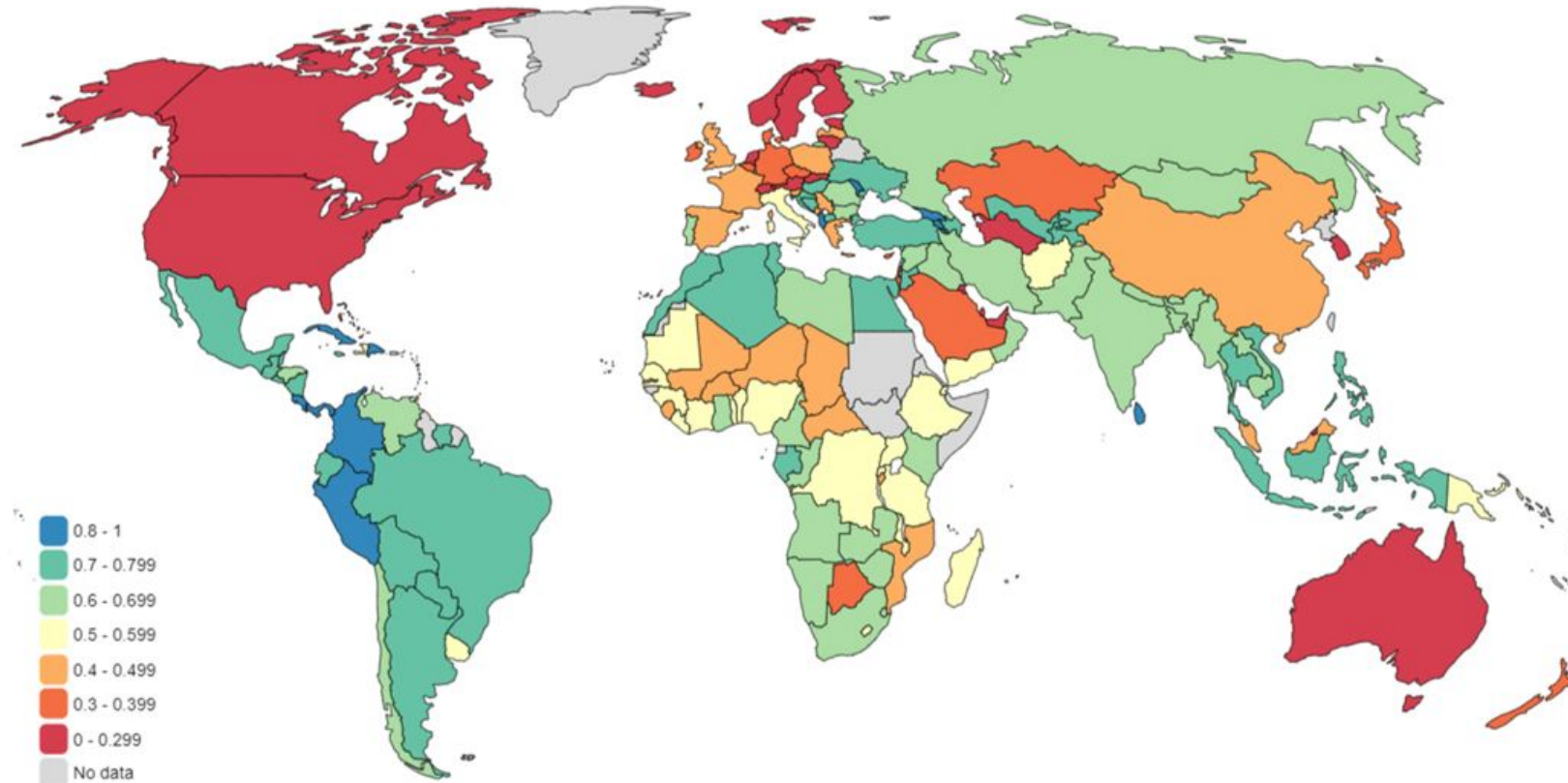
5

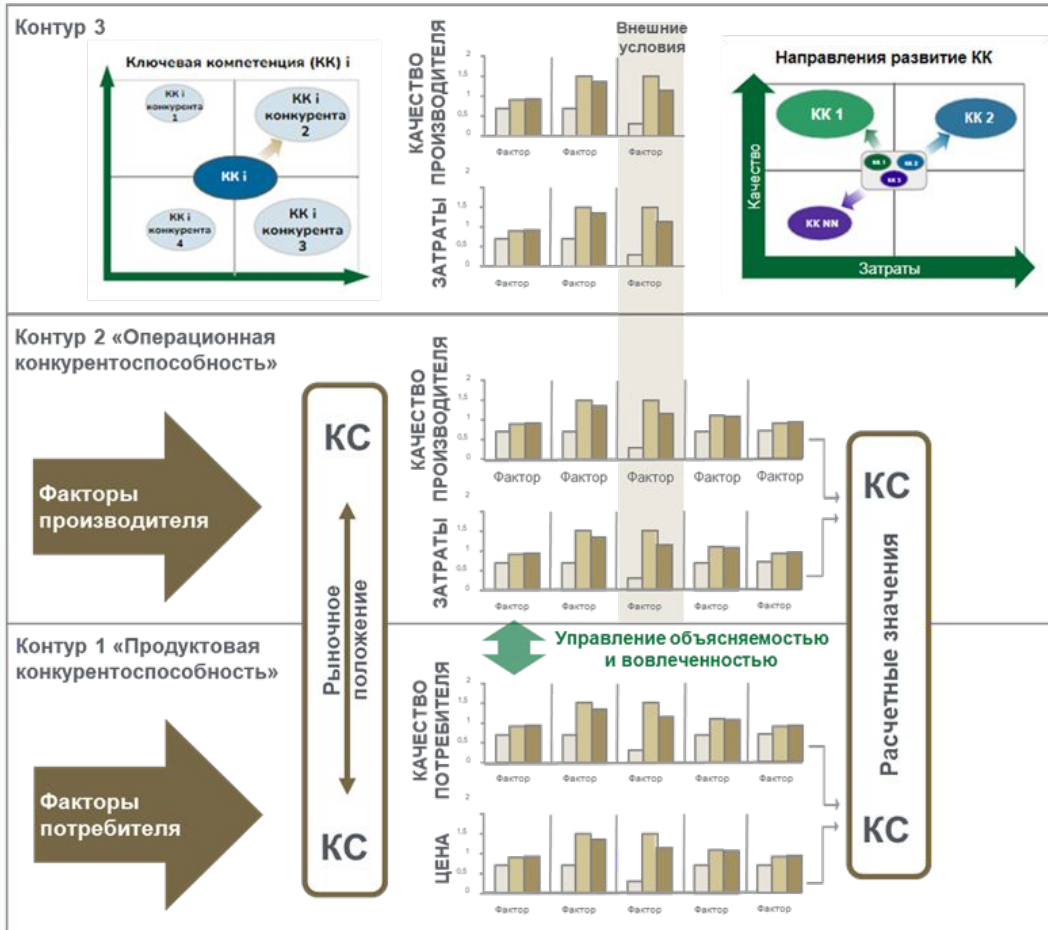
	Учет экологического аспекта	Учет социального аспекта	Учет экономического аспекта	Наличие субъективных компонентов	Географический диапазон (страны)	Временной диапазон (годы)	Расчет общемирового показателя
Индекс человеческого развития (Human development index – HDI)	нет	да	да	нет	190 стран	с 1990г.	нет
Индекс человеческого развития с учетом неравенства (Inequality-adjusted Human development index – IHDI)	нет	да	да	нет	190 стран	с 2010г.	нет
Индекс гендерного развития (gender inequality index – GII)	нет	да	да	нет	160-170 стран	с 2010г.	нет
Индекс многомерной бедности (multidimensional poverty index – MPI)	нет	да	да	нет	100 стран	с 2010г.	нет
Международный индекс счастья (Happy Planet index – HPI)	да	да	да	да	160 стран	с 2006г.	нет
Индекс валового национального счастья (gross national happiness – GNH)	нет	да	да	да	1 страна	с 2000г.	нет
Индекс валового национального благополучия/ благосостояния (Gross national wellbeing/wellness – GNW)	да	да	да	да	5 стран	с 2005г.	нет
Индекс сбалансированного устойчивого развития (Index of Balanced Sustainable Development – IBSD)	да	да	да	нет	24 страны	1990г., 1995г., 1998г.	нет
Индекс ЦУР (Sustainable Development Goals index – SDGs index)	да	да	да	да* (экспертные оценки ЦУР №16 и ЦУР №17)	страны-члены ООН	с 2015г.	нет
Индекс устойчивого развития (Sustainable development index – SDI)	да	да	да	нет	150 стран	с 1990г.	да

Индекс устойчивого развития и индекс человеческого развития для интегральной оценки показателей ЦУР

$$\text{HDI} = \sqrt[3]{\text{Life Expectancy Index} * \text{Education Index} * \text{Income Index}}$$

$$\text{SDI} = \frac{\text{Development Index}}{\text{Ecological Impact Index}}$$





Вектор сценариев $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{N1})$, определенный в области D допустимых значений $N1$ -мерного пространства параметров, что

$$\bar{\alpha} = \arg \max_{\alpha \in D} V[K(\alpha)] \quad (1), \text{ где}$$

$K(\alpha) = [k_1(\alpha), k_2(\alpha), \dots, k_{N2}(\alpha)]$ – вектор критериев качества (компоненты индекса устойчивого развития);

V – результирующий показатель качества (индекс устойчивого развития как совокупность ЦУР),

α – показатель глобальной инициативы в зависимости от сценария его реализации,

D – область допустимых значений параметров (ограничения, накладываемые на глобальную инициативу).

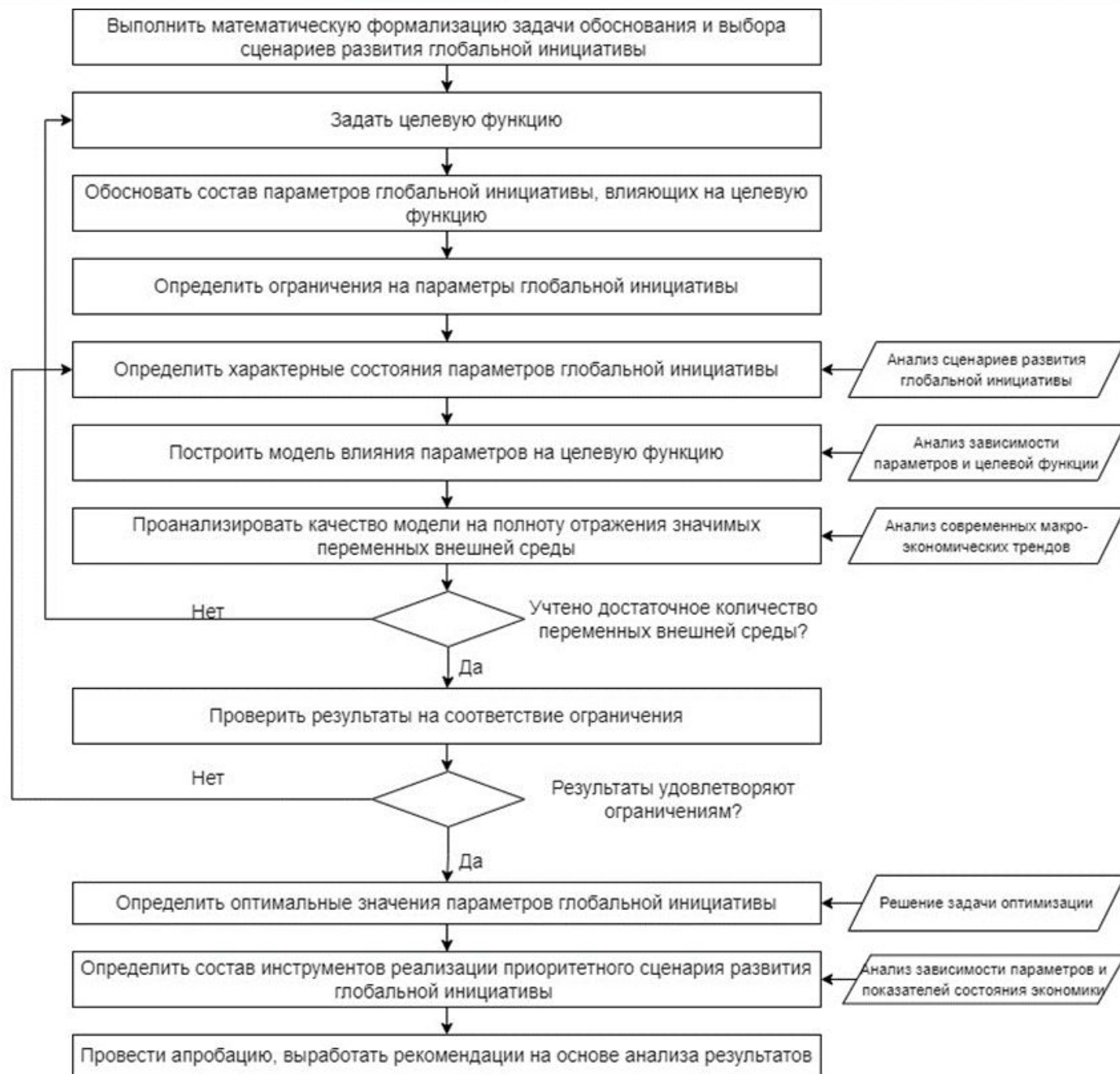
Методом решения в разрабатываемой методике является поиск результирующего показателя качества V задачи (1) на основе векторной интерпретации процесса сценарной оптимизации. Реализация значений параметров $\bar{\alpha}$ задачи (1) осуществляется в виде предлагаемой структуры соотношения показателя глобальной инициативы в сравнении с альтернативными глобальной инициативе проектами с учетом прогнозов их развития.



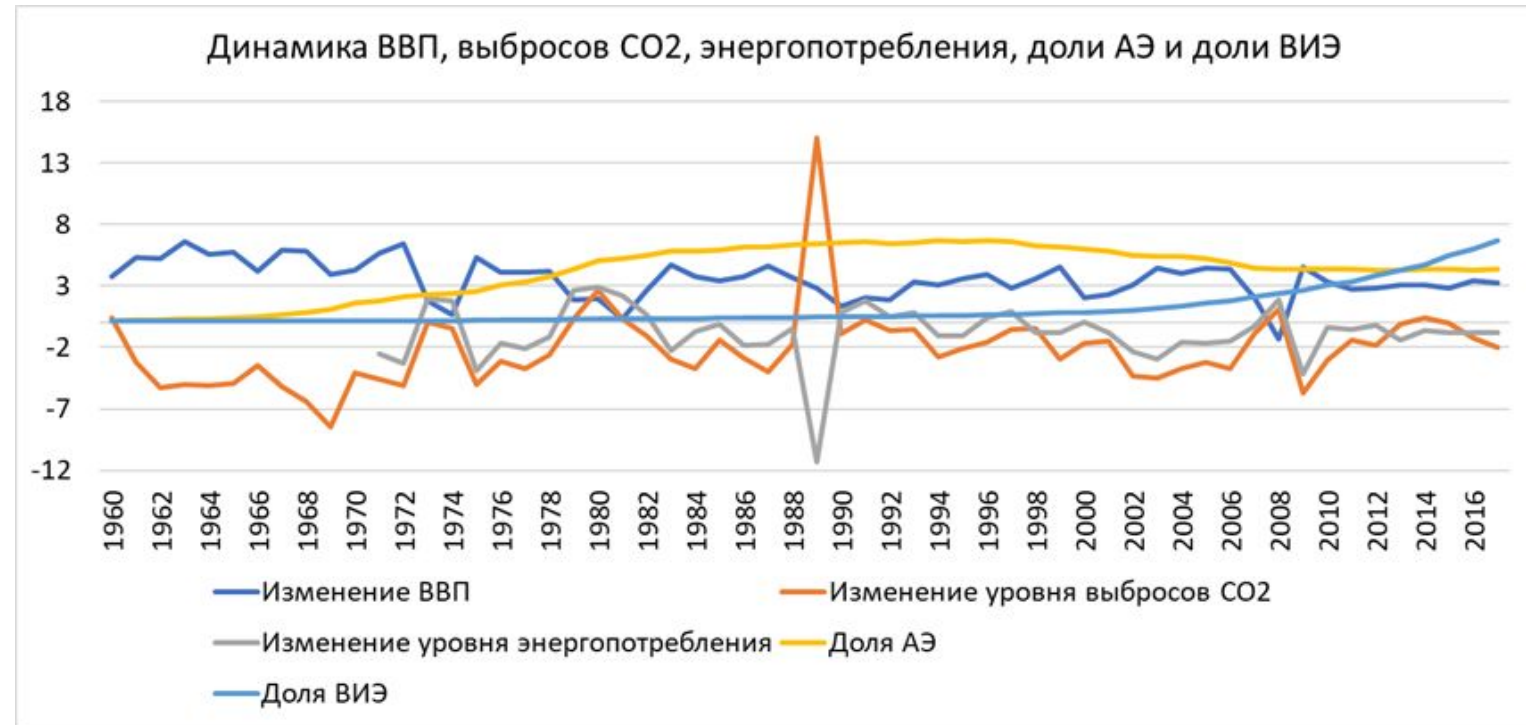
Методика обоснования и выбора приоритетных сценариев развития атомной энергетики как одной из глобальных инициатив для достижения ЦУР

Применение методики для обоснования сценариев развития АЭ:

- 1.Целевая функция - индекс устойчивого развития, отражающий степень достижения совокупности ЦУР.
- 2.Параметр глобальной инициативы – структура мирового энергетического баланса (доля АЭ).
- 3.Ограничения на параметры – ресурсные (динамика ввода/вывода ядерных реакторов).
- 4.Характерные состояния параметров – сценарии мирового энергетического баланса
- 5.Модель – мировой индекс устойчивого развития с (без) компоненты ИКТ
- 6.Оцененные оптимальные значения параметров – доля АЭ в мировом энергетическом балансе 20-25%



- Усиление доминирования развивающихся стран (Е7)
- Ускорение развития технологий и научно-технического прогресса (включая развитие искусственного интеллекта)
- Изменение климата и глобальное потепление, рост климатических потрясений и природных катастроф
- Увеличение продолжительности жизни (старение населения в развитых странах)
- Ускорение прироста населения
- Социокультурные изменения и политические потрясения





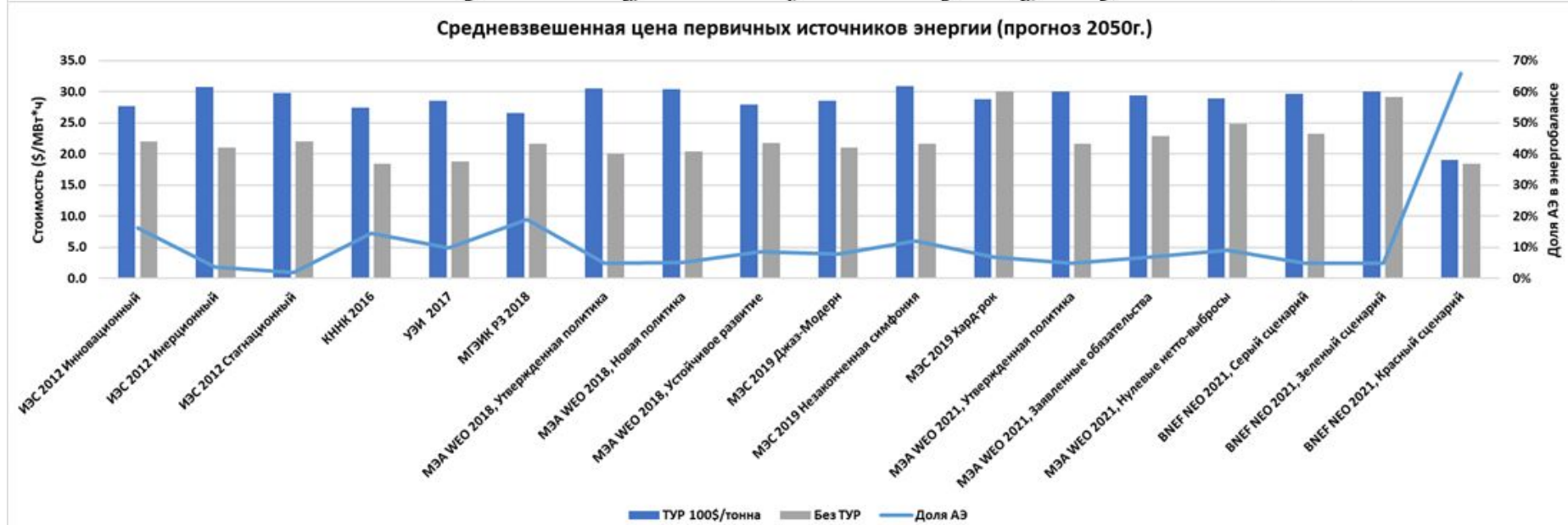
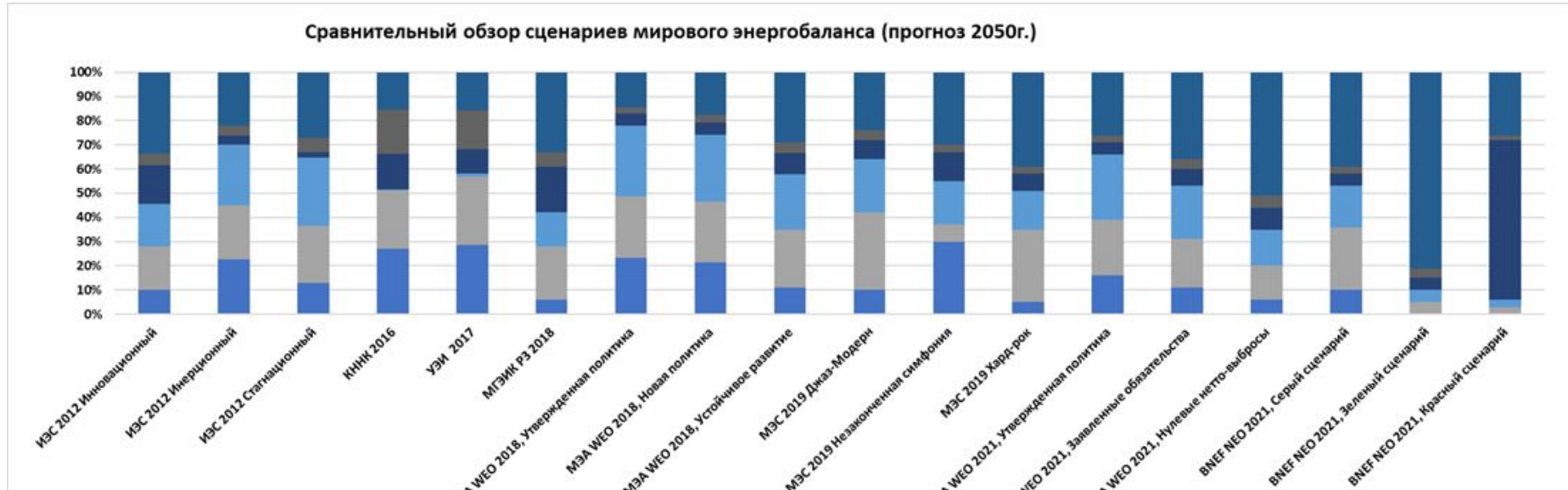
Сценарии развития мировой энергетики

Увеличение доли ВИЭ,
сокращение
традиционных источников
(уголь, газ, нефть),
разнонаправленное
изменение доли АЭ



Увеличение количества
сценариев, отражающих
значимое увеличение
доли АЭ в мировом
энергобалансе

Нефть	Газ	Уголь	Атом	Гидро	ВИЭ	Водород
\$/MWh						
80	60	50	80	100	210	270
126	80	60	90	100	192	265
250	140	99	100	100	120	250



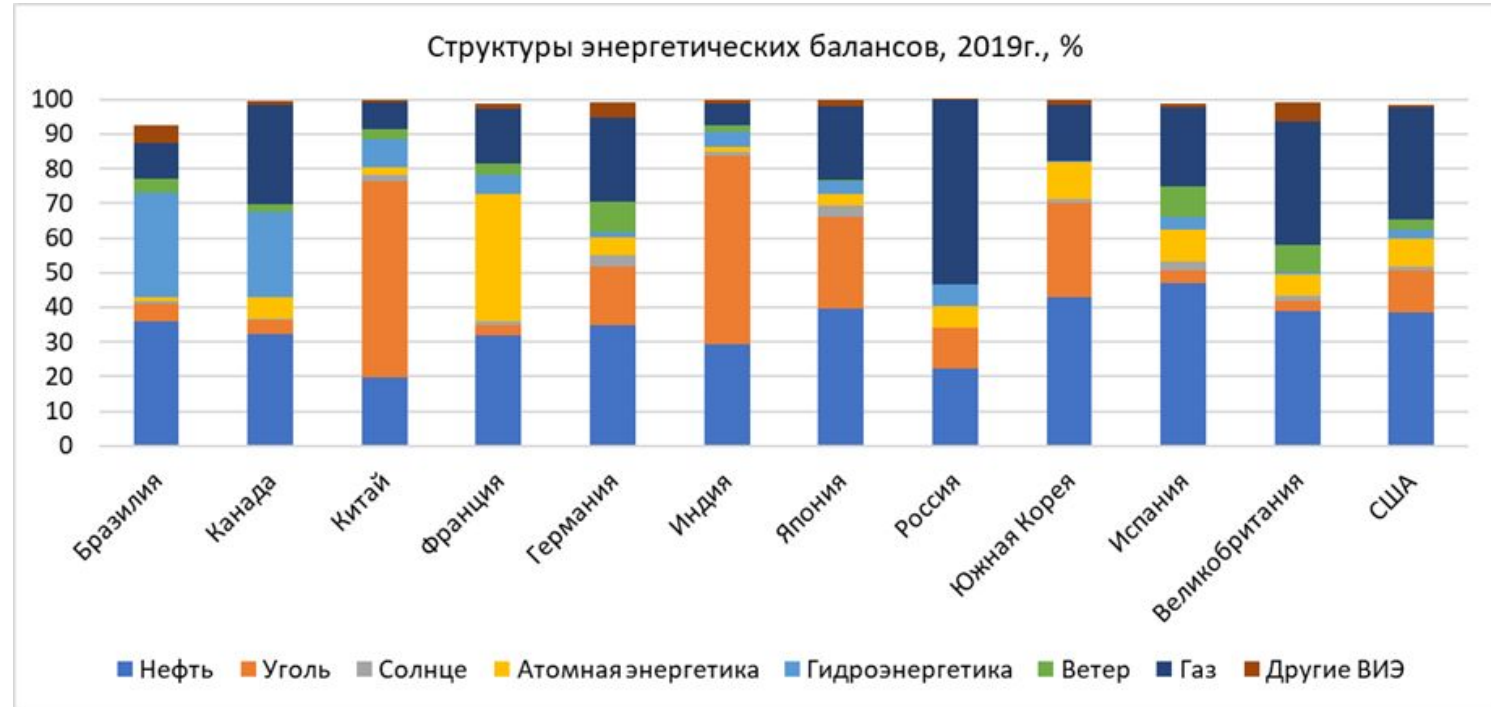


Развитие атомной энергетики в отдельных странах

Доля АЭ

Страны

0-5%	Пакистан, Южная Африка, Аргентина, Мексика, Нидерланды, Бразилия, Китай, Индия, Япония
6-10%	Румыния, Россия, Великобритания, США, Германия, Канада
10-20%	Финляндия, Швейцария, Чехия, Бельгия, Словакия, Венгрия, Южная Корея, Испания
>20%	Швеция, Словения, Болгария, Франция



Из перечисленных стран к **активно развивающим АЭ** относятся Китай, Индия, Россия, США.

ЮАР, Словения, Чехия и Словакия **используют АЭ смежных стран.**

Германия **прекращает использование АЭ**, Япония в отдельные годы также приостанавливала использование АЭ. Поддерживают **существующий уровень АЭ** с развитыми ядерно-энергетическими программами и инфраструктурой Швеция, Бельгия, Финляндия, Канада, Великобритания, Франция, Южная Корея, Швейцария, Чехия, Венгрия и Болгария.

Аргентина, Мексика, Румыния, Пакистан, Нидерланды, Бразилия, Испания **приостанавливают разработку новых проектов АЭ.**

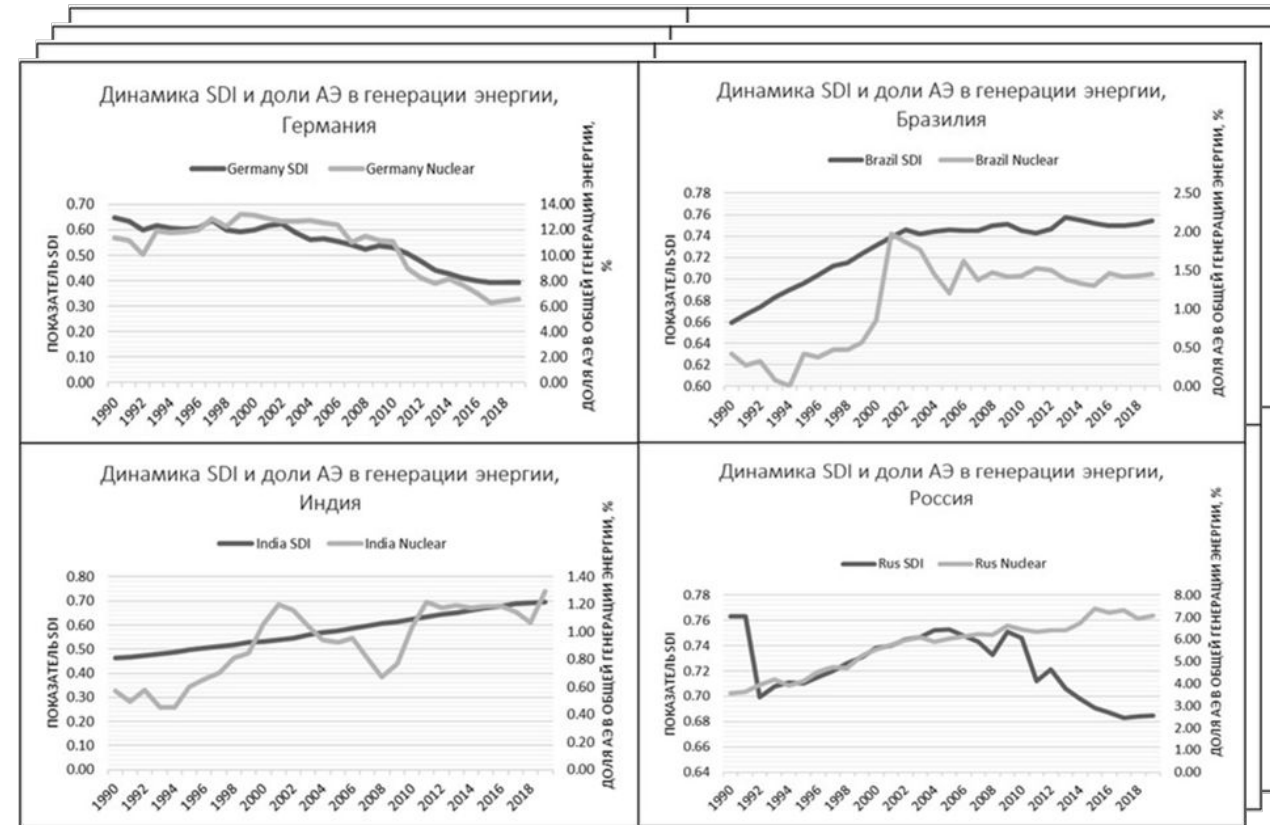


Динамика доли АЭ в энергетических балансах и индекса SDI в отдельных странах

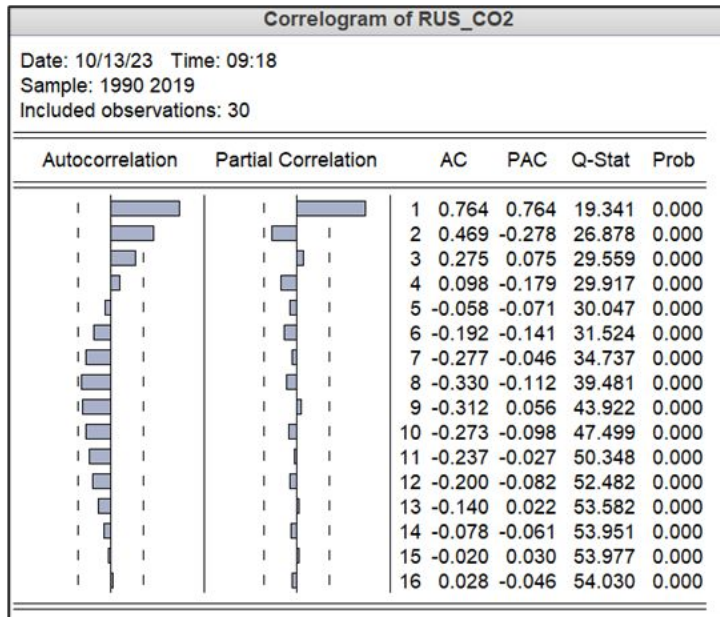
Представленные тенденции указывают на возможное наличие сильной связи между долей АЭ в энергетическом балансе стран и индексом устойчивого развития. В большинстве стран (кроме России, Китая, Чехии, Финляндии, Швейцарии, Словакии) связь положительная.

Динамика АЭ и индекса SDI в отдельных странах

Бразилия	SDI	Рост	Китай	SDI	Плато
	Доля АЭ	Рост		Доля АЭ	Сильный рост
Великобритания	SDI	Слабый спад	Россия	SDI	Плато
	Доля АЭ	Слабый спад		Доля АЭ	Рост
Германия	SDI	Спад	США	SDI	Спад
	Доля АЭ	Спад		Доля АЭ	Слабый рост
Индия	SDI	Рост	Франция	SDI	Слабый спад
	Доля АЭ	Рост		Доля АЭ	Слабый рост
Испания	SDI	Спад	Южная Корея	SDI	Спад
	Доля АЭ	Спад		Доля АЭ	Слабый спад
Канада	SDI	Спад	Япония	SDI	Спад
	Доля АЭ	Слабый спад		Доля АЭ	Сильный спад



- Временные ряды **проверены на стационарность** с помощью построения коррелограмм, проведения тестов на определение единичного корня – Augmented Dickey-Fuller, Phillip-Perron, Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin, Breakpoint Unit Root Test)
- Временные ряды **проверены на коинтеграцию** с помощью теста Йохансена (Johansen cointegration test), множественные коинтеграционные вектора не найдены, установлено, что рассматриваемые временные ряды не коинтегрированы
- Выявлено наличие **детерминированных трендов** (TS-ряды) и **стохастических трендов** (DS-ряды первого порядка интегрированности)
- Временные ряды приведены к стационарному виду с помощью **детрендрования** и перехода к **первым разностям**



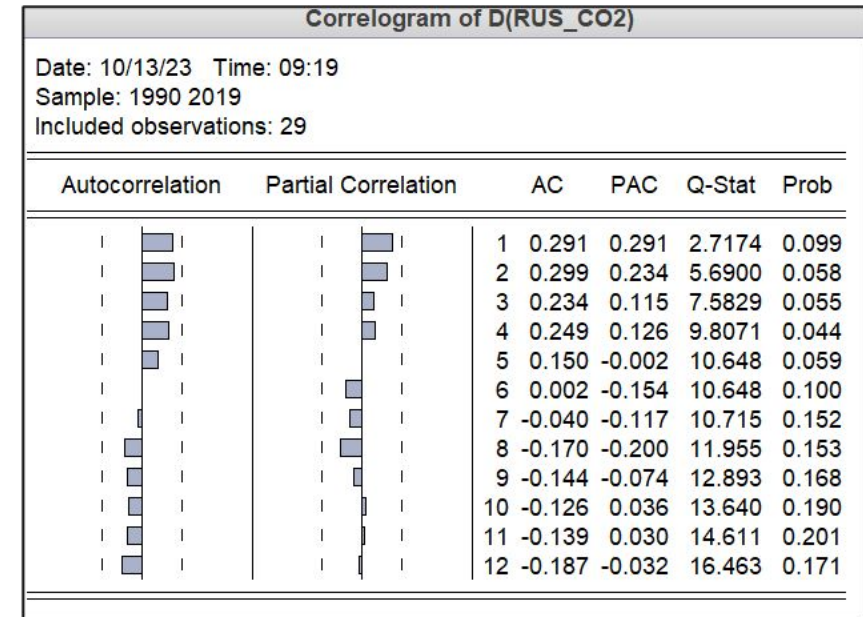
Johansen Cointegration Test

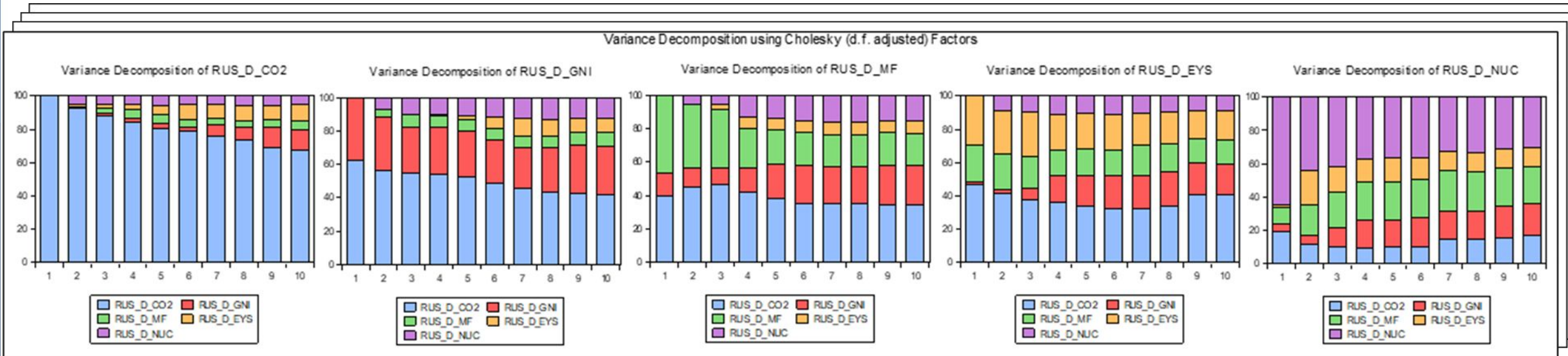
Date: 10/13/23 Time: 09:23
Sample (adjusted): 1992 2019
Included observations: 28 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: RUS_CO2 RUS_EYS RUS_GNI RUS_MF RUS_NUC
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.939322	128.4905	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.538528	50.02987	47.85613	0.0308
At most 2	0.437599	28.37649	29.79707	0.0722
At most 3	0.260533	12.26134	15.49471	0.1448
At most 4	0.127227	3.810236	3.841466	0.0509

Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values





Диаграммы разложения дисперсий: позволили проанализировать влияние всех переменных на отдельный фактор. Выявлено, что в большинстве в развитых и развивающихся стран компоненты индекса SDI инерционны и составляют в среднем 25-30% от своей дисперсии.

В большинстве стран значимый вклад в изменение дисперсии вносят выбросы CO₂, чтоб можно трактовать как вклад в развитие промышленности и энергопотребление.

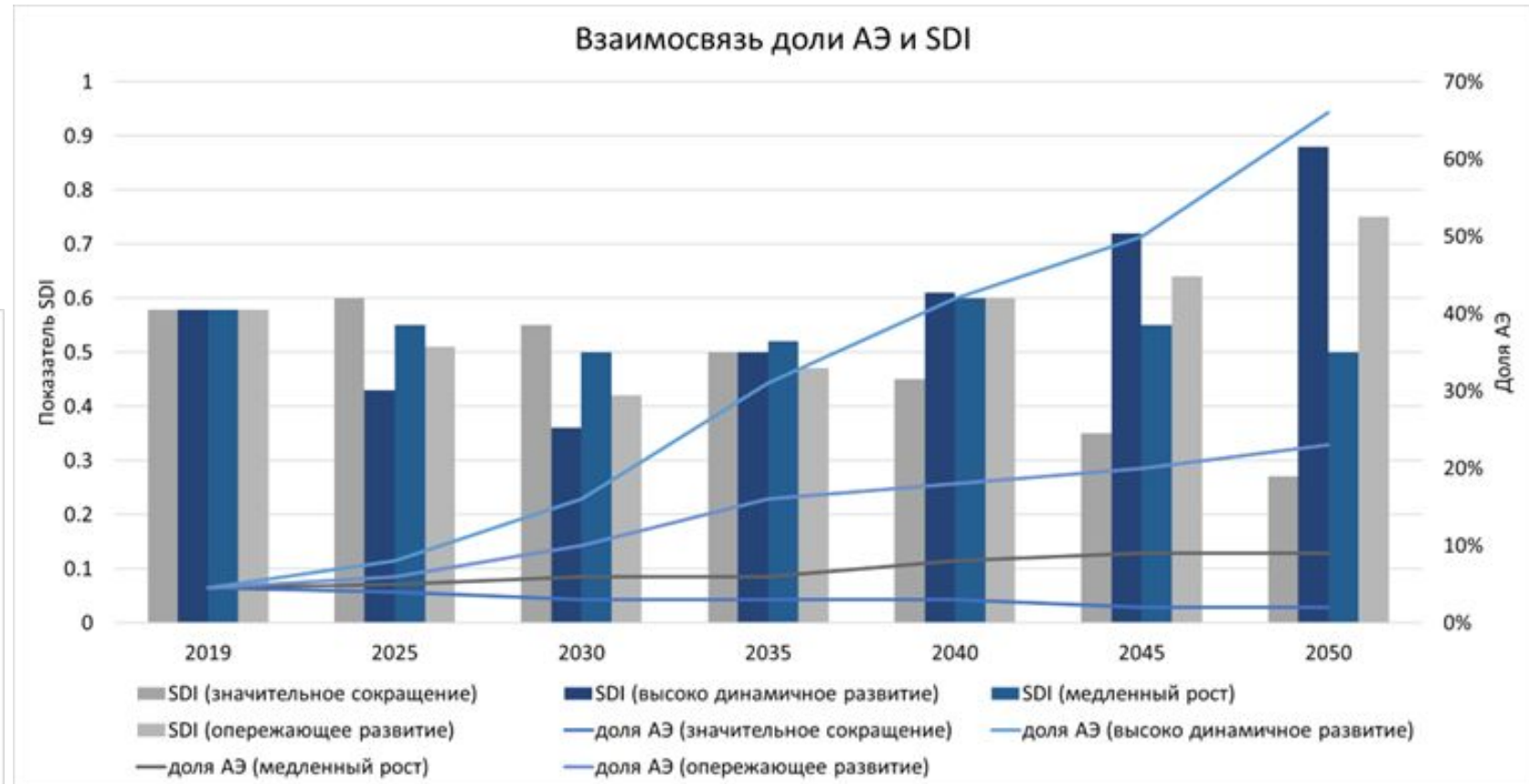
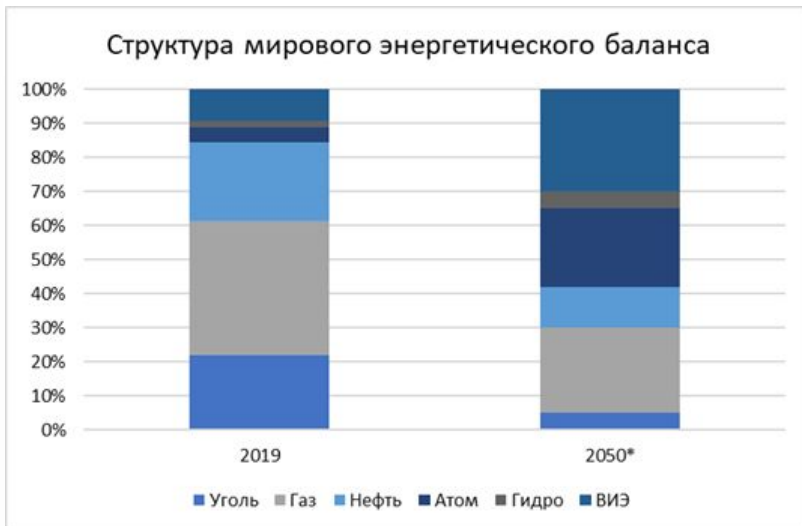
В большинстве развивающихся стран значимый вклад в изменение дисперсии наряду с выбросами CO₂ вносит уровень благосостояния, в отдельных странах (например, Китай) – уровень образования.



Обоснование выбора приоритетных сценариев развития атомной энергетики для достижения ЦУР до 2050 года

По итогам реализации методики для обоснования и выбора приоритетных сценариев развития атомной энергетики как одной из глобальных инициатив для достижения ЦУР:

1. Определена взаимосвязь доли АЭ и индекса SDI в зависимости от сценариев до 2050г.
2. Выбран приоритетный сценарий структуры мирового энергетического баланса.





Акты внедрения материалов исследования

16



ОРГАНИЗАЦИЯ АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГОАТОМ»
Акционерное общество «Всероссийский
научно-исследовательский институт по
эксплуатации атомных электростанций»
(АО «ВНИИАЭС»)
Ферганская ул., д. 25, Москва, 109507
Телефон (499) 796-91-33, факс (495) 376-83-33
E-mail: vniiaes@vniiaes.ru
ОКПО 59085090, ОГРН 1027721007797
ИНН 7721247141, КПП 775050001

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Научный руководитель
АО «ВНИИАЭС», д.т.н.

С.Л. Соловьев
18.01.2024



АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы Галкиной А.Н. на тему
«Влияние атомной энергетики на достижение Целей устойчивого развития в
условиях современных макроэкономических трендов»

Разработанные в рамках диссертационного исследования подходы к анализу влияния атомной энергетики на достижение Целей устойчивого развития использованы АО «ВНИИАЭС» (АО «Концерн Росэнергоатом») в составе современных алгоритмов при оценке сценариев развития атомной энергетики в ходе подготовки предложений в состав стратегии и перспективных направлений развития Госкорпорации «Росатом».

Акт дан для оформления диссертации Галкиной А.Н.

Начальник отдела трехмерного
теплогидравлического
моделирования АЭС

Руководитель проекта

Главный эксперт, к.т.н.

В.И. Шандра

М.К. Седов

А.В. Шишов



Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный исследовательский
университет "Высшая школа экономики"

Факультет
мировой экономики
и мировой политики

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель декана факультета
Мировой экономики и мировой
политики НИУ ВШЭ

Д.А. Медведев



«13» января 2024 г.

АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования Галкиной Анастасии Николаевны на тему «Влияние атомной энергетики на достижение Целей устойчивого развития в условиях современных макроэкономических трендов» в учебный процесс факультета Мировой экономики и мировой политики НИУ «Высшая школа экономики»

Комиссия в составе:

Председателя – заведующего базовой кафедрой ВО «Автопромимпорт» факультета МЭиМП НИУ ВШЭ, доктора технических наук А.Ю. Подчуфарова, членов – приглашенного преподавателя кафедры, кандидата экономических наук М.А. Шилова, приглашенного преподавателя кафедры, доктора экономических наук А.Ф. Звороно

составила настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования А.Н. Галкиной на тему «Влияние атомной энергетики на достижение Целей устойчивого развития в условиях современных макроэкономических трендов», включающие:

- комплекс моделей для определения закономерностей и оценки влияния атомной энергетики на достижение ЦУР, отличающийся составом анализируемых переменных, структурой используемых моделей и включающий модели прогноза средневзвешенных цен первичных источников энергии в составе энергетического баланса в зависимости от сценариев развития АЭ, модели зависимости компонентов индекса устойчивого развития и доли АЭ в отдельных странах, модели зависимости показателей развития АЭ от состояния национальных экономик в рамках расширенного классификатора стран по использованию АЭ, модель мирового индекса устойчивого развития, модели прогноза макроэкономических трендов, принятые в мировой практике;



Спасибо за внимание!

Развитие водородно-атомной энергетики в контексте современной климатической повестки и прогнозируемого энергетического перехода

Авторы:

Подчуфаров Андрей Юрьевич
Рыбас Александр Леонидович
Ванина Светлана Сергеевна
Анастасия Николаевна Галкина



Q&A



Методика направлена на выбор **приоритетных сценариев развития** глобальных инициатив для достижения ЦУР;

Интегральными показателями качества, характеризующими влияние глобальных инициатив на достижение ЦУР выбраны композитные индексы;

Оценка влияния факторов на целевую функцию реализуется через инструменты **многокритериальной оптимизации** с учетом категориального аппарата векторной интерпретации процессов управления базовыми целевыми показателями.



Математическая интерпретация задачи

21

Математическая интерпретация задачи обоснования **приоритетных сценариев развития глобальных инициатив для достижения ЦУР** в общем виде может быть представлена в формате задачи векторной интерпретации процесса достижения целевых показателей:

$$\bar{a} = \arg V[K(\cdot)]$$

V – целевая функция (результатирующий показатель качества),

$K=[k_1, k_2, \dots, k_{N_2}]$ – вектор критериев качества, определяющих целевую функцию, соответствующий составу компонентов композитных индексов достижения ЦУР;

– параметры критериев качества, определяющие варианты реализации глобальной инициативы, задаваемые сценариями ее развития;

D – область допустимых значений параметров, определяемая ограничениями, накладываемыми на глобальную инициативу,

для решения которой требуется найти такое значение вектора \bar{a} сценария $a=(1, a_2, \dots, a_{N_1})$, определенного в области D допустимых значений N_1 -мерного пространства параметров, при котором результирующий показатель качества V , определяемый на N_2 -мерном пространстве, принимает экстремальное (максимальное/минимальное) значение.



Апробация методики

С учетом существующей актуальной задачи оценки роли АЭ в достижении ЦУР **апробация представленной методики была выполнена для обоснования и выбора приоритетных сценариев развития АЭ**. Целевая функция была определена индексом устойчивого развития (SDI), критерии качества - его компонентами. В качестве основного параметра глобальной инициативы была использована доля АЭ в структуре общемирового потребления энергии (мирового энергетического баланса).

