

# ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ РАЗВИТИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

*Подчуфаров А.Ю., Галкина А.Н., Ванина С.С.*

ФГАОУВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
101000, г. Москва, Мясницкая ул., 20



Будущее атомной энергетики широко обсуждается научным сообществом и обществом, что объясняется высоким потенциалом технологий мирного атома в обеспечении человечества доступной энергией, сохранении климата, развитии промышленности, медицины, науки и образования при условии гарантированной безопасности объектов использования атомной энергии. Материалы исследования посвящены оценке влияния атомной энергетики на современные вызовы и достижение Целей устойчивого развития. В работе использованы положения теории взаимодействия систем, междисциплинарные подходы к управлению базовыми целевыми показателями, методы корреляционного, регрессионного и авторегрессионного анализа. В ходе исследования подтверждено положительное влияние атомной энергетики на интегральные показатели устойчивого развития. С учетом ресурсных ограничений обоснован предпочтительный сценарий развития атомной энергетики, представлена оценка его влияния на достижение интегральных показателей Целей устойчивого развития до 2050 г.

**Ключевые слова:** атомная энергетика, сценарий опережающего развития атомной энергетики, устойчивое развитие, цели устойчивого развития.

**Для цитирования:** Подчуфаров А.Ю., Галкина А.Н., Ванина С.С. Опережающее развитие атомной энергетики как необходимый фактор обеспечения устойчивого развития человечества. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2024. – № 1. – С. 132 – 146. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.1.11>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время устойчивое развитие рассматривается мировым сообществом в качестве одной из важнейших долгосрочных целей, достижение которой требует выработки представителями человечества совместных решений по широкому перечню взаимосвя-

---

© Подчуфаров А.Ю., Галкина А.Н., Ванина С.С., 2024

занных глобальных вызовов. На основании сценариев мирового развития к 2050 г. население Земли может вырасти до десяти миллиардов человек, и этот прирост во многом будет обеспечен за счет развивающихся стран, сталкивающихся с проблемой бедности. В настоящее время свыше двух миллиардов человек не в полной мере обеспечены чистой водой, базовыми продуктами медицины и энергетики, качество их жизни значительно отстает от показателей, соответствующих уровню современных развитых стран. Как следствие, наряду с развитием мировой экономики, обеспечением возрастающего спроса на ресурсы, сохранением экологии и поддержанием климата мировому сообществу необходимо постоянно оценивать влияние разрабатываемых и реализуемых инициатив на интересы глобального большинства населения планеты и жителей бедных стран. Общие подходы к оценке глобальных вызовов и разработке методов реагирования на них нашли отражение в концепции и структуре целей устойчивого развития (ЦУР), принятых на Саммите ООН по устойчивому развитию в 2015 г.

Роль атомной энергетики (АЭ) в долгосрочном развитии цивилизации на сегодняшний день является направлением, широко обсуждаемым в научном сообществе, средствах массовой информации, детально анализируется в работах Госкорпорации «Росатом» [1]. Развитие технологий мирного атома наряду с освоением космоса, автоматизацией и роботизацией, генной инженерией, повышением доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) рассматривается в качестве одной из глобальных инициатив (проектов), способных оказать существенное влияние на положение многих национальных экономик и человечества в целом [2]. Оценке влияния доли атомной энергетики на достижение ЦУР в зависимости от прогнозируемых сценариев трансформации структуры мирового энергетического баланса до 2050 г. и обоснованию приоритетного сценария посвящены результаты представленного исследования.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

На современном этапе развития человечества концепция устойчивого развития определила новые возможности для реагирования на глобальные вызовы. В последние десятилетия исследования в данной области широко представлены в работах российских и зарубежных авторов. В большинстве исследований под устойчивым понимается «развитие, которое отвечает потребностям настоящего, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности», сформулированное в 1987 г. в докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию «Наше общее будущее» [3]. Началом современной дискуссии об устойчивом развитии стал доклад Римскому клубу Д.Х. и Д.Л. Медоузов «Пределы роста», в котором подчеркивалась необходимость сбалансированного подхода к человеческому развитию, учитывающему экологические ограничения [4]. В рамках научной дискуссии о предложенных принципах представлен значительный объем результатов исследований, посвященных анализу предпосылок концепции устойчивого развития, положениям целей развития тысячелетия (ЦРТ) и ЦУР, принятым в 2015 г. на Саммите ООН [5, 6].

Широкое обсуждение получили результаты исследований в области подходов к оценке показателей устойчивого развития на основе интегральных индексов. В их составе наиболее часто выделяют индекс человеческого развития (Human Development Index – HDI), международный индекс счастья (Happy Planet Index – HPI), индекс ЦУР (Sustainable Development Goals Index – SDG index), индекс устойчивого развития (Sustainable Development Index –

SDI) [7 – 9]. В зависимости от применяемой методики индексы рассчитываются на основе специализированных наборов макроэкономических показателей и экспертных оценок.

Во многих работах в области устойчивого развития анализируется взаимосвязь показателей ЦУР и прогнозируемых макроэкономических трендов. Отдельное внимание уделяется оценке влияния структуры энергетического баланса на уровень экономического развития, энергопотребление, углеродные выбросы, развитие промышленности, урбанизацию, сельское хозяйство. В большинстве случаев авторы разделяют последствия влияния энергетики на показатели развитых и развивающихся стран, стран-экспортеров энергоресурсов и энергозависимых стран [10 – 13].

Проводимые исследования во многих случаях основываются на системном подходе, положениях теории взаимодействия систем, принципах векторной оптимизации и сценарного анализа [14, 15]. При работе со статистическими выборками широкое распространение получили корреляционный, регрессионный и авторегрессионный методы [16, 17].

Представленные в литературе результаты исследований охватывают, в том числе анализ взаимосвязей АЭ с показателями ЦРТ и ЦУР [18 – 25]. В составе основных аргументов в поддержку развития АЭ авторы выделяют наличие запасов сырья для производства ядерного топлива, достаточных для обеспечения человечества энергией на несколько тысяч лет, и углеродную нейтральность объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) на этапе эксплуатации. Возможности перспективных технологий в области АЭ, таких как малая атомная генерация, технологии замкнутого ядерного топливного цикла, водородно-атомная энергетика, а в дальнейшей перспективе – термоядерные и плазменные технологии, определяют дополнительные аргументы в поддержку активного развития АЭ. В публикациях отмечается положительное влияние АЭ на отдельные показатели ЦУР, включая ликвидацию нищеты (ЦУР 1), здравоохранение (ЦУР 3), устойчивую энергию (ЦУР 7), экономический рост (ЦУР 8), развитие инфраструктуры (ЦУР 9), сокращение неравенства (ЦУР 10), изменение климата (ЦУР 13), развитие международной кооперации (ЦУР 17) [21 – 23]. Для обоснования положительного мультипликативного эффекта АЭ на экономическую активность смежных отраслей во многих работах приводятся ссылки на положения теории межотраслевого анализа В. Леонтьева [24]. В составе актуальных вопросов, требующих дополнительной проработки, авторами выделяются гарантии безусловного обеспечения безопасности ОИАЭ, соответствие применяемых технологий захоронения радиоактивных отходов нормам МАГАТЭ по защите населения и охране окружающей среды, относительно высокие капитальные затраты на сооружение ОИАЭ в сравнении с альтернативными низкоуглеродными технологиями (ЦУР 7, 12). Данные направления авторы рассматривают во взаимосвязи с воздействием АЭ на здоровье населения (ЦУР 3), состоянием экосистем на суше и в воде (ЦУР 14, 15). В условиях складывающейся геополитической обстановки активно обсуждаются возможные риски неправомерного применения технологий двойного назначения АЭ [23, 25].

В составе ограничений развития АЭ авторы исследований также отмечают инерционный характер наращивания (сокращения) ресурсных возможностей для сооружения АЭС. Согласно отчету МЭА, более 60% АЭС в мире в настоящее время старше 30-ти лет, а к 2030 г. количество АЭС в развитых странах может сократиться на треть. К 2050 г. из эксплуатации планируется вывести все реакторы, запущенные до 1990 г., а при планировании увеличения установленных мощностей АЭС к середине столетия до уровня 2000 ГВт потребовалось бы сооружение до 50-ти новых блоков ежегодно, что очевидно является недостижимым целевым показателем [26 – 28]. Дополнительно развитию АЭ могут препят-

ствовать недостаточная политическая и общественная поддержка, отсутствие необходимой инфраструктуры, нехватка квалифицированных кадров [29].

В целом, несмотря на значительный объем работ, посвященных предпосылкам, анализу современного состояния, оценке перспектив достижения ЦУР, а также выявлению взаимосвязей АЭ с отдельными показателями ЦУР, потенциал интегрального влияния АЭ как глобальной инициативы на совокупность ЦУР к настоящему времени в научной литературе представлен весьма ограниченно, что определяет актуальность дальнейших исследований в рассматриваемой области.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической основой представленного исследования являются положения теории взаимодействия систем и междисциплинарные подходы к управлению базовыми целевыми показателями, включая МКК-подход. С целью формирования комплексной оценки влияния АЭ на достижение ЦУР в качестве интегральных показателей устойчивого развития, учитывающих экономические, социальные и экологические аспекты, приняты индексы человеческого (HDI) и устойчивого развития (SDI). При расчете индекса SDI в дополнение к входящим в состав индекса HDI показателям ожидаемой продолжительности жизни, средней и ожидаемой продолжительности обучения и уровня доходов учитываются компоненты, характеризующие уровень выбросов CO<sub>2</sub> и совокупные ресурсозатраты [9]. Все компоненты индексов рассчитываются в пересчете на душу населения. Итоговые значения измеряются в диапазоне от нуля до единицы [30].

В рамках проведенного исследования отобраны двенадцать стран – восемь развитых (Великобритания, Германия, Испания, Канада, США, Франция, Южная Корея, Япония) и четыре развивающиеся (Бразилия, Индия, Китай, Россия). Для каждой страны проанализированы условия макроэкономической среды, доля АЭ в структуре энергетических балансов, запасы природных ресурсов, национальные политики в области поддержки развития или сокращения АЭ в период с 1990 г. до настоящего времени. В 2022 г. рассматриваемые страны обеспечили более 85% общемировой выработки ОИАЭ, характеризуются средним и высоким уровнями дохода и неоднородными показателями запасов природных ресурсов. В работе используются статистические выборки из баз данных Всемирного банка, МАГАТЭ PRIS, материалы Международного энергетического агентства (МЭА), Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF), Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), SDI Project. Исследование взаимосвязи АЭ, индексов HDI, SDI и их компонентов выполнено с использованием методов корреляционного и регрессионного анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка влияния доли атомной генерации в национальных энергетических балансах на компоненты индексов HDI и SDI выполнена с использованием статистических выборок, сформированных на основе информационных ресурсов ведущих международных организаций и аналитических агентств [27, 30–32]. Обобщенные тенденции динамики исследуемых показателей представлены в табл. 1 (построены авторами на основе Sustainable Development Index Time Series и МЭА). Наличие разнонаправленных трендов изменения индексов HDI и SDI (для развитых стран в большей мере, для развивающихся – в мень-

**Динамика SDI, HDI и доли АЭ в рассматриваемых странах**

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

шей), положительная зависимость доли АЭ и динамики индекса SDI для большинства стран и индекса HDI для России и Китая определили исходные предпосылки для анализа существующих зависимостей и количественной оценки влияния АЭ на интегральные показатели ЦУР.

Влияние АЭ на компоненты индекса HDI в значительной мере определяется ее связью с динамикой средневзвешенных цен на источники энергии. Зависимости доходов населения, продолжительности жизни и уровня образования, входящие в состав HDI, от цен на энергоресурсы достаточно детально изучены и описаны в научной литературе [11, 18, 33]. В рамках настоящего исследования дополнительно было проанализировано влияние стоимости энергоресурсов на уровень доходов населения для разных категорий стран – развитых и развивающихся, обеспеченных собственными энергоресурсами и энергозависимых. Для каждой из категорий были рассчитаны средневзвешенные показатели уровня дохода и построены регрессионные модели их зависимости от средневзвешенных цен на энергоресурсы. При рассмотрении обеспеченных собственными энергоресурсами стран полученные результаты демонстрируют существенное положительное влияние роста цен на уровень дохода в развивающихся странах ( $\beta = 184.28, p < 0.05$ ) и слабое положительное влияние в развитых странах ( $\beta = 77.90, p < 0.05$ ); для энергозависимых стран – сильное отрицательное влияние в развивающихся ( $\beta = -552.88, p < 0.05$ ) и сильное положительное влияние в развитых странах ( $\beta = 3333.91, p < 0.05$ ). Полученные результаты подтверждают необходимость учета влияния АЭ на компоненты рассматриваемых индексов в условиях систематических изменений, макроэкономических циклов и отдельных шоков.

В рамках оценки влияния АЭ на компоненты индекса HDI наименее исследованная область была связана с анализом зависимостей между долей атомной генерации, уровнем выбросов CO<sub>2</sub> и совокупными ресурсозатратами, определяющими отличие индексов SDI и HDI, их связью с компонентами, входящими в состав индекса SDI.

Для решения данной задачи на первом этапе был проведен корреляционный анализ взаимосвязи показателей доли АЭ в энергобалансах рассматриваемых стран и соответствующих значений индексов SDI. Для оценки однородности выборок и наличия значимых различий между категориями стран была построена сквозная панельная регрессия на статистических выборках с 1990 по 2019 г., связывающая анализируемые временные ряды с фиктивными переменными, соответствующими рассматриваемым категориям стран. По результатам полученных оценок статистической значимости переменной «развитые (развивающиеся) страны» на основании метода центрирования были построены вспомогательные индексы для развитых и развивающихся стран и выполнена корректировка значений временных рядов, позволившая исключить тренды, не связанные с влиянием АЭ. Коэффициенты корреляции Пирсона, рассчитанные для анализируемых временных рядов, соответствуют для Бразилии – 0.61, Индии – 0.67, Китая – 0.53, России – 0.38, Великобритании – 0.45, Германии – 0.60, Испании – 0.70, Канады – 0.45, Франции – 0.58, США – 0.72, Южной Кореи – 0.62, Японии – 0.53. Полученные показатели сильной взаимосвязи между долями АЭ и значениями SDI определили следующий этап анализа влияния АЭ на компоненты индекса SDI.

Обоснование выбора методов анализа временных рядов проведено с использованием теста коинтеграции Йохансена (Johansen cointegration test). По результатам теста множественные коинтеграционные векторы найдены не были, что подтвердило допустимость применения векторных авторегрессионных (VAR) моделей. В ходе их построения была выполнена проверка статистических выборок на стационарность посредством тестов Augmented Dickey-Fuller Test, Phillip-Perron Test, Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin Test, Breakpoint Unit Root Test. При наличии детерминированных (TS-ряды) или стохастических (DS-ряды) трендов в выборках стран соответствующие временные ряды были приведены к стационарному виду методом детрендирования или переходом к первым разностям. Качество построенных VAR-моделей для 12-ти анализируемых стран было проверено с помощью диагностических тестов на нормальность распределения ошибок (VAR Stability condition check), автокорреляцию остатков (Autocorrelation LM Test) и гетероскедастичность остатков (White Heteroskedasticity Test).

Анализ каузальности с помощью тестов Грэнджера (Granger causality test) позволил обосновать на рассматриваемом временном интервале для развитых стран наличие существенного положительного влияния доли АЭ на сокращение выбросов CO<sub>2</sub>, в меньшей степени – на сокращение совокупных ресурсозатрат и увеличение уровня благосостояния. Для развивающихся стран подтверждено значимое положительное влияние доли АЭ на уровень дохода, в меньшей степени – на уровень выбросов CO<sub>2</sub> и на ожидаемый уровень образования. Для большинства рассматриваемых стран влияние изменения доли АЭ на компоненты индекса SDI наблюдается через три-четыре года.

Выявленные с использованием разработанных моделей зависимости позволили провести оценку влияния доли АЭ на компоненты индексов HDI и SDI в условиях различных сценариев долгосрочного развития мировой энергетики. Состав анализируемых сценариев был определен на основании показателей цитирования прогнозов структуры мирового энергетического баланса, представленных ведущими мировыми аналитическими органи-

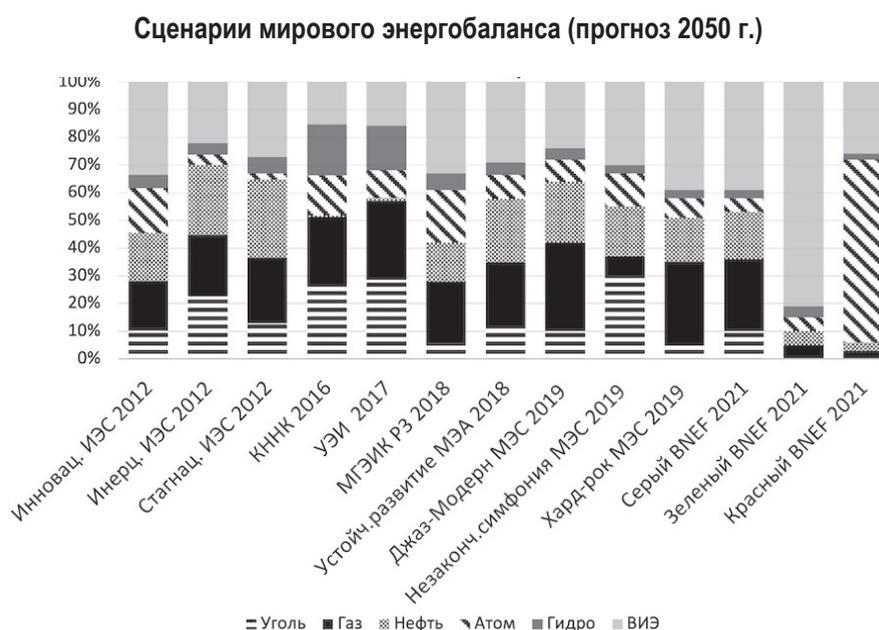


Рис. 1. Сравнительный обзор сценариев мирового энергетического баланса (прогноз 2050 г., сценарии ИЭС, КННК (Китай), УЭИ (США), МГЭИК, МЭА, МЭС, Bloomberg NEF)

зациями (рис. 1) [21]. В составе сформированного перечня сценариев наблюдается существенный разброс прогнозируемых показателей, что объясняется различием в принятых авторами допущениях, основанных как на тенденциях опережающего увеличения доли ВИЭ, так и на необходимости активного развития ОИАЭ.

Для анализируемых сценариев был выполнен прогноз средневзвешенных цен на первичные источники энергии до 2050 г., учитывающий возможное введение механизма трансграничного углеродного регулирования (на рис. 2 приведены расчеты авторов на основе сценариев ИЭС, КННК (Китай), УЭИ (США), МГЭИК, МЭА, МЭС, Bloomberg NEF, глобального индекса цен на энергоносители).

В рамках проведения оценки потенциала влияния развития АЭ на интегральные показатели ЦУР до 2050 г. были выбраны три базовых сценария, характеризующие изменение доли АЭ в структуре мирового энергопотребления: сценарий значительного сокращения АЭ (доля АЭ снижается до 2%), сценарий медленного роста АЭ (доля АЭ планируется на уровне 9%), сценарий высоко динамичного развития АЭ (доля АЭ возрастет до 66%). Отобранные сценарии соотносятся со Стагнационным сценарием Института энергетической стратегии, сценарием Устойчивого развития МЭА и Красным сценарием Bloomberg NEF. На основании построенных VAR-моделей для каждого сценария выполнен прогноз компонентов индексов HDI и SDI. Для стран, не включенных в анализируемый перечень, изменение компонентов индексов принято равным историческим темпам прироста. Для расчета мирового индекса SDI в соответствии с методикой [9, 30] рассчитанные индексы SDI по странам учтены пропорционально доле в мировой численности населения. Полученные показатели доли АЭ в мировом энергетическом балансе и мирового индекса SDI в зависимости от сценариев развития энергетики рассчитаны авторами на основе Sustainable Development Index Time Series и МЭА и отражены на рис. 3.

Сценарий значительного сокращения доли АЭ, представленный в отчете ИЭС, направлен на минимизацию к 2050 г. доли АЭ в мировом энергетическом балансе, пред-

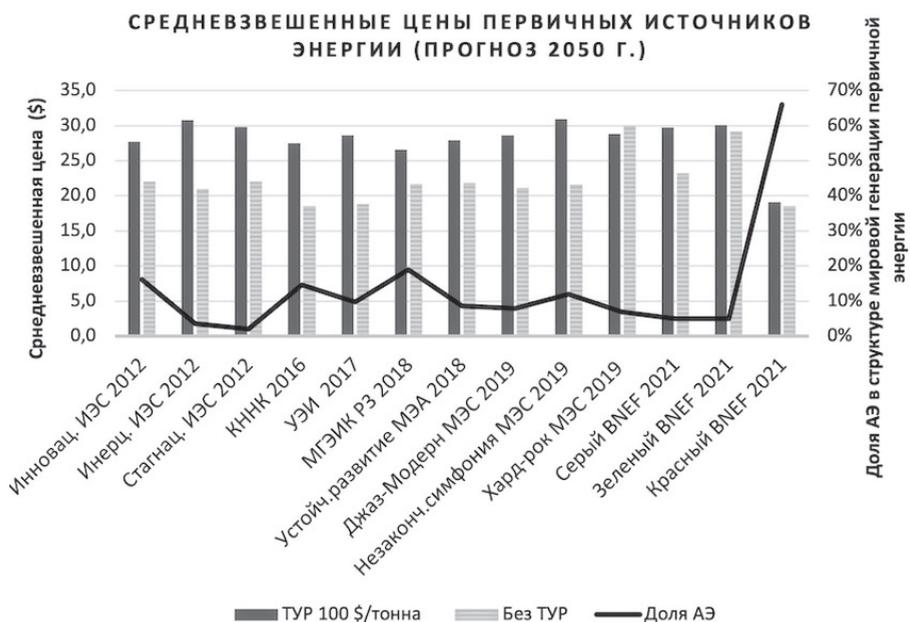


Рис. 2. Сравнительный обзор средневзвешенных рыночных цен на первичные источники энергии (прогноз 2050 г.)

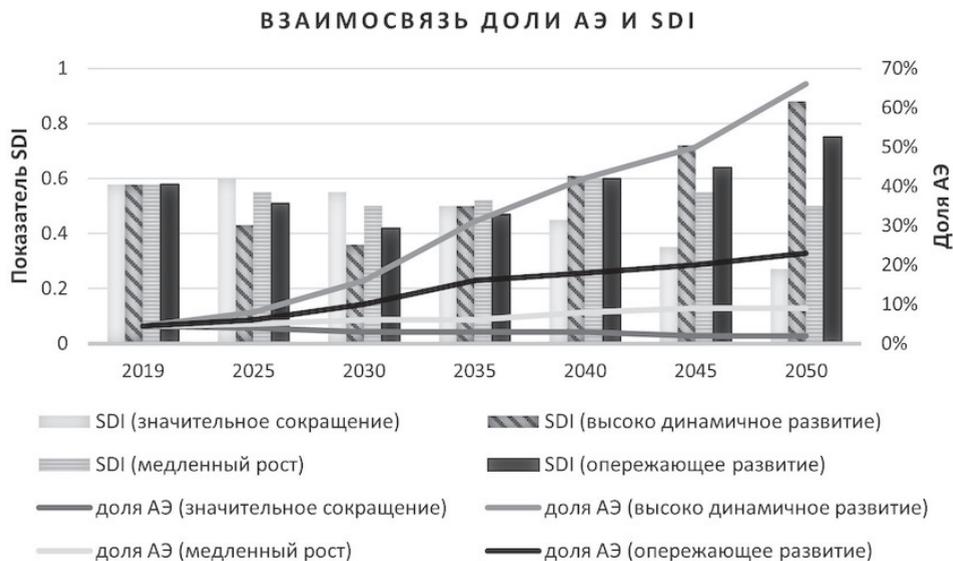


Рис. 3. Зависимость индекса устойчивого развития SDI от доли атомной энергетики в мировом энергетическом балансе

усматривает демонтаж существующих технологических заделов и отказ от развития промышленных технологий в области мирного атома. В рамках данного сценария до 2040 г. мировой индекс SDI не подвержен значительным изменениям, однако с учетом истощения природных ресурсов и сокращения их использования к 2050 г. он демонстрирует снижение, что связано с ростом стоимости первичных энергетических ресурсов, ведущим к сокращению уровня доходов населения. Преобладание невозобновляемых источников энергии в энергетическом балансе и последствия сжигания ископаемого топлива увеличивают сте-

пень воздействия добычи ресурсов на окружающую среду и на уровень выбросов CO<sub>2</sub>. Дополнительный отрицательный эффект на благосостояние населения может оказать сокращение рабочих мест, вызванное снижением производства из-за повышения стоимости энергии, что может замедлить развитие смежных отраслей высокотехнологичного сектора. Отдельные развитые страны в рамках настоящего сценария обладают потенциалом улучшения своих экономических позиций, однако изменения возможны исключительно за счет существенного снижения условий жизни в развивающихся странах и роста доли населения планеты, живущего за чертой бедности. Прогнозируемый показатель SDI к 2050 году для данного сценария оценивается на уровне 0.25 – 0.3.

Сценарий медленного роста АЭ, представленный в World Energy Outlook 2018 МЭА, частично учитывает современные тенденции мировой энергетики, рассматривает технологии АЭ в составе переходного статуса «зеленой» повестки и предполагает постепенное увеличение доли АЭ вдвое от текущего значения. В данном сценарии индекс SDI растет небольшими темпами, но к 2050 г. демонстрирует снижение, так как при увеличении энергопотребления истощение природных ресурсов станет причиной роста цен на энергоносители, а прогнозируемой доли АЭ недостаточно для их удержания. Как следствие, можно прогнозировать дальнейшее увеличение разрыва в уровне жизни между населением развитых и развивающихся стран. Ожидаемый показатель SDI к 2050 г. соответствует 0.45 – 0.5.

Сценарий высокодинамичного развития АЭ, представленный Bloomberg NEF в 2022 г., предусматривает увеличение текущей доли АЭ более чем в 16 раз. В его составе учитывается значительный объем финансовых вложений на начальных этапах наращивания мощностей атомной генерации. Результатом может стать перераспределение средств, недофинансирование отдельных отраслей и, как следствие, снижение SDI в первые десятилетия. Показатели положительной динамики SDI будут обладать дополнительной инерционностью, характеризуемой временным лагом в четыре – пять лет, которые потребуются для наращивания мощностей высокотехнологичных отраслей, связанных с АЭ. Расчетный показатель SDI для данного сценария к 2050 г. соответствует значению 0.85 – 0.90, однако на практике сценарий не является реализуемым по причине существующих ресурсных ограничений.

Проведенный анализ позволил обосновать предпочтительный сценарий для достижения интегральных показателей ЦУР, получивший название сценария Опережающего развития АЭ. Предложенный вариант учитывает показатели сценария высокодинамичного развития, существующие ресурсные ограничения [17] и характеризуется долей АЭ в мировом энергобалансе к 2050 г. в 20 – 25%, ВИЭ – до 30%, гидроэнергетики – 5 – 10%, угля – 5 – 10%, природного газа – 20 – 25%, нефти – 10 – 15%. Сценарий Опережающего развития АЭ занимает промежуточное положение между сценариями высокодинамичного развития и медленного роста. Он предусматривает увеличение доли генерации АЭ почти в пять раз относительно текущих показателей, при этом в два с половиной раза отстает от сценария высокодинамичного развития. Прикладной характер полученных оценок по увеличению доли АЭ в энергобалансе подтверждается стратегическими программами развития энергетики в большинстве рассматриваемых в настоящем исследовании стран: России, Индии, Китая, Бразилии, США, Канады, Франции, Великобритании. Результаты прогноза мирового индекса SDI для сценария Опережающего развития АЭ демонстрируют схожую со сценарием высокодинамичного развития АЭ динамику индекса SDI. К 2050 г. значение индекса увеличивается, предварительно продемонстрировав небольшое падение, связанное

с высокой стоимостью инвестиционных проектов в атомной отрасли. Со второй половины 2030-х гг. с учетом лага в четыре – пять лет SDI начинает расти и достигнет к 2050 г. значения для среднего мирового показателя 0.7 – 0.75 при текущем значении 0.55. Ожидаемые изменения в рамках настоящего сценария связаны с сокращением разрыва в уровне жизни между развивающимися и развитыми странами, существенным улучшением условий для глобального большинства населения планеты и снижением показателей бедности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках представленного исследования проведен анализ предпосылок концепции устойчивого развития, подходов к оценке показателей ЦУР на основе интегральных индексов, анализ взаимосвязей АЭ с показателями ЦУР. В развитии признанных закономерностей выявлены особенности, определяющие влияние стоимости энергоресурсов на уровень доходов населения для разных категорий стран – развитых и развивающихся, обеспеченных собственными энергоресурсами и энергозависимых. С использованием разработанных моделей обоснованы зависимости, связывающие долю атомной генерации в составе мирового энергетического баланса, индексы HDI и SDI, принятые в исследовании в качестве интегральных показателей достижения ЦУР.

Полученные результаты использованы при проведении оценки влияния доли АЭ на компоненты индексов HDI и SDI применительно к сценариям долгосрочного развития мировой энергетической отрасли. Представлена интерпретация полученных результатов. В условиях существующих ресурсных ограничений и целеполагания на достижение интегральных показателей ЦУР обоснован предпочтительный, по сравнению с рассмотренными альтернативными вариантами, сценарий Опережающего развития АЭ. Предложенный сценарий предусматривает увеличение доли АЭ в составе мирового энергетического баланса к 2050 г. до 20 – 25%. Прогноз мирового показателя индекса SDI для представленного сценария соответствует интервалу 0.7 – 0.75 при текущем значении 0.55. Основные изменения ожидаются в области существенного улучшения условий жизни глобального большинства населения планеты, сокращения разрыва между развивающимися и развитыми странами и снижения уровня бедности.

## Литература

1. ГК Росатом. Устойчивое развитие. Электронный ресурс: <https://rosatom.ru/sustainability/> (дата доступа: 14.09.23).
2. Подчуфаров А.Ю., Шалковский А.Г., Галкина А.Н., Аустер И.А., Попенков Е.Е. Конкурентоспособность атомной отрасли как фактор глобальной стабильности, противодействия терроризму и опережающего развития российской промышленности. // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2021. – № 5 – 6 (155-156). – С. 143 – 150. Электронный ресурс: <http://www.vot16.ru/userfiles/files/vot/journals/2021/5-6/19.pdf> (дата доступа: 01.12.2023).
3. Генеральная Ассамблея ООН. Резолюция, принятая 25 сентября 2015 года Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Электронный ресурс: [https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A\\_RES\\_70\\_1\\_E.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf) (дата доступа: 10.08.23).
4. Краткий обзор докладов Римскому клубу. Электронный ресурс: [http://old.ihst.ru/~biosphere/Mag\\_3/gvishiani.htm#\\_Точ12517946](http://old.ihst.ru/~biosphere/Mag_3/gvishiani.htm#_Точ12517946) (дата доступа: 14.03.2021).

5. Немцев И.А. Социально-философские основания устойчивого развития. // Философская мысль. – 2015. – № 10. – С. 88 – 101. DOI: 10.7256/2409-8728.2015.10.1683
6. Shi L., Han L., Yang F., Gao L. The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects. // Sustainability (Switzerland). – 2009. – Vol. 11. – № 24. – PP. 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11247158>
7. Dervis K., Klugman J. Measuring human progress: the contribution of the Human Development Index and related indices. // Revue d'économie Politique. – 2011. – Vol. 121. – № 1. – PP. 73–92. Электронный ресурс: <https://doi.org/10.3917/redp.211.0073>
8. O'Brien C. Happiness and Sustainability Together at Last! Sustainable Happiness // Canadian Journal of Education (Revue Canadienne de l'éducation). – 2013. – Vol. 36. – № 4. – PP. 228–256. Электронный ресурс: <https://journals.sfu.ca/cje/index.php/cje-rce/article/view/1185> (дата доступа: 01.12.2023).
9. Hickel J. The Sustainable Development Index: Measuring the ecological efficiency of human development in the Anthropocene. // Ecological Economics. – 2020. – Vol. 167, 106331. – PP.1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.011>
10. Safdar N., Chaudhry I.S., Chaudhry M.O. Energy consumption, environmental degradation and economic growth in developing countries. // Pakistan Journal of Social Sciences. – 2019. – Vol. 39. – № 2. – PP. 615–625. Электронный ресурс: <https://pjss.bzu.edu.pk/index.php/pjss/article/view/687> (дата доступа: 01.12.2023).
11. Eregha P.B., Mesagan E.P. Energy consumption, oil price and macroeconomic performance in energy dependent African countries. // Applied Econometrics. – 2017. – Vol. 46. – PP. 74–89. Электронный ресурс: [https://www.researchgate.net/publication/318796422\\_Energy\\_consumption\\_oil\\_price\\_and\\_macro-economic\\_performance\\_in\\_energy\\_dependent\\_African\\_countries](https://www.researchgate.net/publication/318796422_Energy_consumption_oil_price_and_macro-economic_performance_in_energy_dependent_African_countries) (дата доступа: 01.12.2023).
12. Grachev V.A. Energy technologies and sustainable development. // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 9. – № 11. – PP. 382–390. Электронный ресурс: [https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJMET/VOLUME\\_9\\_ISSUE\\_11/IJMET\\_09\\_11\\_038.pdf](https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_9_ISSUE_11/IJMET_09_11_038.pdf) (дата доступа: 01.12.2023).
13. Goldemberg J., Lucon O. Energy, Environment and Development (2<sup>nd</sup> ed.) // Routledge. – 2009. – 480 p. ISBN: 9781844077496.
14. Odum H.T. Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy. – Columbia University Press, 2007. Электронный ресурс: <http://www.jstor.org/stable/10.7312/odum12886>. (дата доступа: 01.12.2023).
15. Подчуфаров Ю.Б., Понятский В.М. Комплексный подход при проектировании сложных технических систем. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 4. – С. 233–237. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-podhod-pri-proektirovanii-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem> (дата доступа: 04.12.2023).
16. Arzhenovskiy S., Sinyavskaya T. Statistical estimation of integrated macro risks of the fuel and energy complex development. / 5<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences & Arts SGEM. – 2018. – PP. 795–802. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2018/1.3/S04.098>
17. Fischer S. The role of macroeconomic factors in growth. // Journal of Monetary Economics. – 1993. – Vol. 32. – № 3. – PP. 485–512. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(93\)90027-D](https://doi.org/10.1016/0304-3932(93)90027-D)
18. Lee C., Chiu Y. Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries. // Energy Economics. – 2011. – Vol. 33. – PP. 236–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.07.001>
19. Önder H., Gündüz I. Macroeconomic determinants of nuclear energy consumption: a panel data analysis on selected OECD countries. // Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi. – 2019. – Vol. 14 – № 51. – PP.18–37. DOI: <https://doi.org/10.14783/maruoneri.vi.522036>
20. Соловьев С.Л., Зарюгин Д.Г., Калякин С.Г., Лескин С.Т. Определение основных направлений развития атомных станций малой мощности. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2022. – № 1. – С. 22–34. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2022.1.02>

21. Подчуфаров А.Ю., Галкина А.Н., Ванина С.С. Hydrogen-atomic Energy in the Context of the Modern Climate Agenda and the Forecasted Energy Transition / XXIII Ясинская (Апрельская) международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества. – 2022. Электронный ресурс: <https://www.hse.ru/data/2022/05/24/1815235070/%D0%AF%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F%202022.pdf> (дата доступа: 01.12.2023).
22. Piore I., Duffey R.B., Kirillov P.L., Piore R., Zvorykin A., Machrafi R. Current Status and Future Developments in Nuclear-Power Industry of the World. // ASME Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science. – 2019. – Vol. 5. – № 2. – 024001. – PP. 1–27. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4042194>
23. Rogner H.-H. Nuclear power and sustainable development. // Journal of International Affairs. – 2010. – Vol. 64. – № 1. – PP. 137–163. Электронный ресурс: <http://www.jstor.org/stable/24385190> (дата доступа: 01.12.2023).
24. Леонтьев В. Межотраслевая экономика. – М.: Экономика, 1997. – 480 с. Электронный ресурс: <https://www.azstat.org/Kitweb/zipfiles/11179.pdf> (дата доступа: 01.12.2023).
25. Нугматулин Б.И. Атомная энергетика в мире. Состояние и прогноз до 2050 г. // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2019. – Т. 25. – № 4. – С. 6–22. DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.25401>
26. Nuclear Power and Secure Energy Transitions. – IEA, Paris, 2022. – 95 p. Электронный ресурс: <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions>. (дата доступа: 01.12.2023).
27. IAEA-RDS-2/42. Nuclear Power Reactors in the World. 2022. – 100 p. Электронный ресурс: <https://www.iaea.org/publications/15211/nuclear-power-reactors-in-the-world> (дата доступа: 01.12.2023).
28. Mourougov V.M. Nuclear power development: Global challenges and strategies. // IAEA BULLETIN. – 1997. – Vol. 39. – № 2. – PP. 2–8. Электронный ресурс: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull39-2/39205080208.pdf> (дата доступа: 04.12.2023).
29. Kim H.-G. Challenges and Opportunities in Launching New Nuclear Power Programs in Developing Countries / International conference on opportunities and challenges for water cooled reactors in the 21 century. Book of extended synopses. – 2009. – 4 p. Электронный ресурс: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1500\\_CD\\_Web/htm/pdf/topic2/2S04\\_H.G.%20Kim.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1500_CD_Web/htm/pdf/topic2/2S04_H.G.%20Kim.pdf) (дата доступа: 01.12.2023).
30. Sustainable Development Index. Электронный ресурс: <https://www.sustainabledevelopmentindex.org/> (дата доступа: 20.07.2021).
31. The World Bank. World Bank Open Data. Электронный ресурс: <https://data.worldbank.org/> (дата доступа: 19.07.2021).
32. Ritchie H., Rosado P. Energy Mix. Электронный ресурс: <https://ourworldindata.org/energy-mix> (дата доступа: 20.07.2021).
33. Evans R.G. Health, Wealth and the Price of Oil. // Health Policy. – 2016. – Vol. 11. – No. 4. – PP. 12–19. <https://doi.org/10.12927/hcpol.2016.24631>

Поступила в редакцию 04.04.2023

После доработки 04.12.2023

### Авторы

Подчуфаров Андрей Юрьевич, заведующий кафедрой, д.т.н.,

E-mail: [APodchufarov@hse.ru](mailto:APodchufarov@hse.ru)

Галкина Анастасия Николаевна, аспирант,

E-mail: [angalkina@hse.ru](mailto:angalkina@hse.ru)

Ванина Светлана Сергеевна, аспирант,

E-mail: [svanina@hse.ru](mailto:svanina@hse.ru)

UDK 621.039

## Advanced Development of Nuclear Power as a Factor in Ensuring Sustainable Development of Humanity

Podchufarov A.Y., Galkina A.N., Vanina S.S.

National Research University «Higher School of Economics»  
20 Myasnitskaya Str., 101000 Moscow, Russia

### Abstract

The future of nuclear power has been widely discussed by the scientific community and the public, which is explained by the high potential of peaceful nuclear technologies in providing mankind with affordable energy, preserving the climate, developing industry, medicine, science, and education. The materials of the study are devoted to assessing the impact of nuclear power on modern challenges and achieving indicators that are reflected in the Sustainable Development Goals. The paper uses the provisions of the intersystem interaction theory, system models for managing basic target indicators, methods of correlation, regression, autoregression analysis. The study confirmed the positive impact of nuclear power on the integral indicators of sustainable development. Considering the resource constraints, the preferred scenario for nuclear power development was substantiated, and its impact on achieving the integral indicators of the Sustainable Development Goals was assessed.

**Keywords:** nuclear power, advanced development scenario of nuclear power, sustainable development, Sustainable Development Goals

**For citation:** Podchufarov A.Y., Galkina A.N., Vanina S.S. Advanced Development of Nuclear Power as a Factor in Ensuring Sustainable Development of Humanity. *Izvestiya vuzov. Yadernaya Energetika*. 2024, no. 1, pp. 132 – 146; DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2024.1.11> (in Russian).

### References

1. State Corporation Rosatom. Sustainable development. Available at: <https://rosatom.ru/sustainability/> (accessed Sept. 14, 2023)
2. Podchufarov A.Y., Shalkovsky A.G., Galkina A.N., Auster I.A., Popenkov E.E. Nuclear power competitiveness as a factor of global stability, countering terrorism and advanced development of the Russian industry. *Issues of defense technology. Seriya 16: Technical means of countering terrorism [Voprosy oboronnoy tekhniki. Seriya 16: Tekhnicheskiye sredstva protivodeystviya terrorizmu]*. 2021, no. 5 – 6 (155 – 156), pp. 143 – 150 Available at: <http://www.vot16.ru/userfiles/files/vot/journals/2021/5-6/19.pdf> (accessed Dec. 1, 2023) (in Russian).
3. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Available at: [https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A\\_RES\\_70\\_1\\_E.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf) (accessed Aug. 10, 2023).
4. Brief overview of reports to the Club of Rome. Available at: [http://old.ihst.ru/~biosphere/Mag\\_3/gvishiani.htm#\\_Toc12517946](http://old.ihst.ru/~biosphere/Mag_3/gvishiani.htm#_Toc12517946) (accessed March 14, 2021)
5. Nemtsev I.A. Socio-philosophical foundations of sustainable development. *Filosofskaya mysl'*. 2015, no. 10, pp. 88 – 101; DOI: 10.7256/2409-8728.2015.10.1683 (in Russian).
6. Shi L., Han L., Yang F., Gao L. The Evolution of Sustainable Development Theory: Types, Goals, and Research Prospects. *Sustainability (Switzerland)*. 2009, v. 11, no. 24, pp. 1 – 16. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11247158>

7. Dervis K., Klugman J. Measuring human progress: the contribution of the Human Development Index and related indices. *Revue d'économie Politique*. 2011, v. 121, no. 1, pp. 73–92. <https://doi.org/10.3917/redp.211.0073>
8. O'Brien C. Happiness and Sustainability Together at Last! Sustainable Happiness. *Canadian Journal of Education (Revue Canadienne de l'éducation)*. 2013, v. 36, no. 4, pp. 228–256. Available at: <https://journals.sfu.ca/cje/index.php/cje-rce/article/view/1185> (accessed Dec. 1, 2023).
9. Hickel J. The Sustainable Development Index: Measuring the ecological efficiency of human development in the Anthropocene. *Ecological Economics*. 2020, v. 167, 106331, pp. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.05.011>
10. Safdar N., Chaudhry I.S., Chaudhry M.O. Energy consumption, environmental degradation and economic growth in developing countries. *Pakistan Journal of Social Sciences*. 2019, v. 39, no. 2, pp. 615–625 Available at: <https://pjss.bzu.edu.pk/index.php/pjss/article/view/687> (accessed Dec. 1, 2023).
11. Eregha P.B., Mesagan E.P. Energy consumption, oil price and macroeconomic performance in energy dependent African countries. *Applied Econometrics*. 2017, v. 46, pp. 74–89. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/318796422\\_Energy\\_consumption\\_oil\\_price\\_and\\_macerconomic\\_performance\\_in\\_energy\\_dependent\\_African\\_countries](https://www.researchgate.net/publication/318796422_Energy_consumption_oil_price_and_macerconomic_performance_in_energy_dependent_African_countries) (accessed Dec. 1, 2023).
12. Grachev V.A. Energy technologies and sustainable development. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018, v. 9, no. 11, pp. 382–390. Available at: [https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJMET/VOLUME\\_9\\_ISSUE\\_11/IJMET\\_09\\_11\\_038.pdf](https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_9_ISSUE_11/IJMET_09_11_038.pdf) (accessed Dec. 1, 2023).
13. Goldemberg J., Lucon O. *Energy, Environment and Development (2<sup>nd</sup> ed.)*. Routledge. 2009, 480 p. ISBN: 9781844077496
14. Odum H. T. *Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy*. Columbia University Press. 2007. Available at: <http://www.jstor.org/stable/10.7312/odum12886> (accessed Dec. 1, 2023).
15. Podchufarov Y.B., Ponyatsky V.M. Integrated approach at design of complex technical systems. *Izvestiya Tula State University. Technical sciences*. 2019, no. 4, p. 233–237 Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-podhod-pri-proektirovanii-slozhnyh-tehnicheskikh-sistem> (accessed Dec. 1, 2023) (in Russian).
16. Arzhenovskiy S., Sinyavskaya T. Statistical estimation of integrated macro risks of the fuel and energy complex development. *5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences & Arts SGEM*. 2018. P. 795–802. DOI: <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2018/1.3/S04.098>
17. Fischer S. The role of macroeconomic factors in growth. *Journal of Monetary Economics*. 1993, v. 32, no. 3, pp. 485–512. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(93\)90027-D](https://doi.org/10.1016/0304-3932(93)90027-D)
18. Lee C., Chiu Y. Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries. *Energy Economics*. 2011, v. 33, pp. 236–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.07.001>
19. Önder H., Gündüz I. Macroeconomic determinants of nuclear energy consumption: a panel data analysis on selected OECD countries. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*. 2019, v. 14, no. 51, pp.18–37. DOI: <https://doi.org/10.14783/maruoneri.vi.522036>
20. Soloviev S.L., Zaryugin D.G., Kalyakin S.G., Leskin S.T. Identifying the key development areas for small modular reactors. *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika*. 2022, no. 1, pp. 22-34. DOI: <https://doi.org/10.26583/npe.2022.1.02> (in Russian).
21. Podchufarov A.Y., Galkina A.N., Vanina S.S. Hydrogen-atomic Energy in the Context of the Modern Climate Agenda and the Forecasted Energy Transition. *XXIII Yasin (April) International Scientific Conference on Economic and Social Development*. 2022. Available at: <https://www.hse.ru/data/2022/05/24/1815235070/%D0%AF%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F%202022.pdf> (accessed Dec. 1, 2023) (in Russian).

22. Piore I., Duffey R. B., Kirillov P. L., Piore R., Zvorykin A., Machrafi R. Current Status and Future Developments in Nuclear-Power Industry of the World. *ASME Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science*. 2019, v. 5, no. 2, 024001, pp. 1 – 27. DOI: <https://doi.org/10.1115/1.4042194>
23. Rogner H.-H. Nuclear power and sustainable development. *Journal of International Affairs*. 2010, v. 64, no. 1, pp. 137 – 163. Available at: <http://www.jstor.org/stable/24385190> (accessed Dec. 1, 2023).
24. Leontief W. *Interindustry economics*. M.: Ekonomika, 1997, 480 p. Available at: <https://www.azstat.org/Kitweb/zipfiles/11179.pdf> (accessed Dec. 1, 2023) (in Russian).
25. Nigmatulin B.I. Nuclear industry in the world. State and forecast up to 2050. *St. Petersburg polytechnic university journal of engineering science and technology*. 2019, v. 25, no. 4, pp. 6 – 22. DOI: <https://doi.org/10.18721/JEST.25401> (in Russian).
26. *Nuclear Power and Secure Energy Transitions*. IEA, Paris, 2022, 95 p. Available at: <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-and-secure-energy-transitions> (accessed Dec. 1, 2023).
27. *IAEA-RDS-2/42. Nuclear Power Reactors in the World*. 2022, 100 p. Available at: <https://www.iaea.org/publications/15211/nuclear-power-reactors-in-the-world> (accessed Dec. 1, 2023).
28. Mourougov V.M. Nuclear power development: Global challenges and strategies. *IAEA BULLETIN*. 1997, v. 39, no. 2, pp. 2 – 8. Available at: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull39-2/39205080208.pdf> (accessed Dec. 1, 2023).
29. Kim H.-G. Challenges and Opportunities in Launching New Nuclear Power Programs in Developing Countries. *International conference on opportunities and challenges for water cooled reactors in the 21 century. Book of extended synopses*. 2009, 4 p. Available at: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1500\\_CD\\_Web/htm/pdf/topic2/2S04\\_H.G.%20Kim.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1500_CD_Web/htm/pdf/topic2/2S04_H.G.%20Kim.pdf) (accessed Dec. 1, 2023).
30. *Sustainable Development Index*. Available at: <https://www.sustainabledevelopmentindex.org/> (accessed Jul. 20, 2021).
31. *The World Bank. World Bank Open Data*. Available at: <https://data.worldbank.org/> (accessed Jul. 19, 2021).
32. Ritchie H., Rosado P. *Energy Mix*. Available at: <https://ourworldindata.org/energy-mix> (accessed Jul. 20, 2021).
33. Evans R.G. Health, Wealth and the Price of Oil. *Health Policy*. 2016, v.11, no. 4, pp. 12 – 19. Available at: <https://doi.org/10.12927/hcpol.2016.24631>

### Authors

Andrey Yu. Podchufarov, Head of the department, Dr. Sci. (Engineering),

E-mail: [APodchufarov@hse.ru](mailto:APodchufarov@hse.ru)

Anastasia N. Galkina, PhD student,

E-mail: [angalkina@hse.ru](mailto:angalkina@hse.ru)

Svetlana S. Vanina, PhD student,

E-mail: [svanina@hse.ru](mailto:svanina@hse.ru)