

## Электроэнергетическая реинтеграция России со странами Центральноазиатского и Каспийского регионов

**Беляев Л. С., Подковальников С. В.\* , Чудинова Л. Ю.**

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Российская Федерация; \* [spodkovalnikov@isem.irk.ru](mailto:spodkovalnikov@isem.irk.ru)

### РЕФЕРАТ

Приведены результаты очередного этапа исследований межгосударственных электрических связей России. Рассматриваются вопросы, связанные с электроэнергетической реинтеграцией России со странами Центральной Азии и Кавказа. Исследуются эффективность и возможности совместного выхода рассматриваемых национальных электроэнергетических систем на электроэнергетические рынки стран Южной и Малой Азии, Ближнего Востока. Предварительно оценены основные параметры проекта межгосударственного энергообъединения «Каспийское энергокольцо». Показана высокая эффективность создания межгосударственного энергообъединения в этом регионе.

*Ключевые слова:* электроэнергетика, межгосударственная электрическая связь, межгосударственное энергообъединение, эффективность

**Для цитирования:** Беляев Л. С., Подковальников С. В., Чудинова Л. Ю. Электроэнергетическая реинтеграция России со странами Центральноазиатского и Каспийского регионов // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. 2021. № 1. С. 32 – 43.

## Electric Power Reintegration of Russia with the Countries of the Central Asian and Caspian Regions

**Lev S. Belyaev, Sergei V. Podkovalnikov\* , Lyudmila Yu. Chudinova**

Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia; \* [spodkovalnikov@isem.irk.ru](mailto:spodkovalnikov@isem.irk.ru)

### ABSTRACT

The paper presents the results of the next research stage on Russia's interstate electric connections. The issues related to the electric power reintegration of Russia with the countries of Central Asia and the Caucasus are considered. The article studies the economic efficiency and joint access possibilities of the considered national electric power systems into the electric power markets of Southern and Minor Asia and Middle East countries. The authors estimated preliminary characteristics of the potential the interstate power interconnection "Caspian energy ring". The high economic efficiency of creating an interstate power grid in this region is shown.

*Keywords:* electric power industry, interstate electric connections, power interconnection, economic efficiency

**For citing:** Belyaev L. S., Podkovalnikov S. V., Chudinova L. Yu. Electric Power Reintegration of Russia with the Countries of the Central Asian and Caspian Regions // Eurasian Integration: economic, law, politics. 2021. No. 1. Pp. 32 – 43.

## Введение

Сложившиеся политические условия, стремление синхронизации энергосистем стран Балтии, Украины, Молдовы с энергосистемами стран Европейского союза, восстановление Центрально-

азиатского энергообъединения, создание и развитие на постсоветском пространстве Таможенного союза и Евразийского экономического союза (ЕАЭС), обладающих значительными запасами энергоресурсов, послужили мотивацией к исследованию интеграционных электроэнергетических проектов России в кавказском, центральноазиатском, ближневосточном направлениях [1; 3; 5 и др.]. Кроме того, была предложена идея создания Каспийского электроэнергетического кольца, объединяющего энергосистемы России, национальные энергосистемы (НЭС) стран Центральной Азии, Кавказа, Ирана и Турции, требующая содержательного наполнения [2]. Данные исследования актуальны и в рамках подписанных в 2019–2020 гг. документов, таких как: Соглашение о совместной разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта создания энергетического коридора «Север — Юг» между энергосистемами Азербайджанской Республики, Исламской Республики Иран и Российской Федерации [4] и Протокол о создании общего электроэнергетического рынка пяти государств — членов ЕАЭС: Российской Федерации, Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан и Республики Кыргызстан [3].

На рисунке 1 показаны объединенные энергетические системы (ОЭС) России и стран Евразии, участвующие в исследуемом межгосударственном энергообъединении, и указаны основные межгосударственные электрические связи (МГЭС) между странами с направлением и результирующим объемом годового перетока электроэнергии (в 2018 г.). Для сечений между узлами в больших стрелках показано число МГЭС разного напряжения, соединяющих данные узлы в настоящее время. Пунктиром показаны проектируемые и строящиеся МГЭС. Страны закрашены цветами, соответствующими различным узлам расчетной схемы, о которой будет сказано далее.

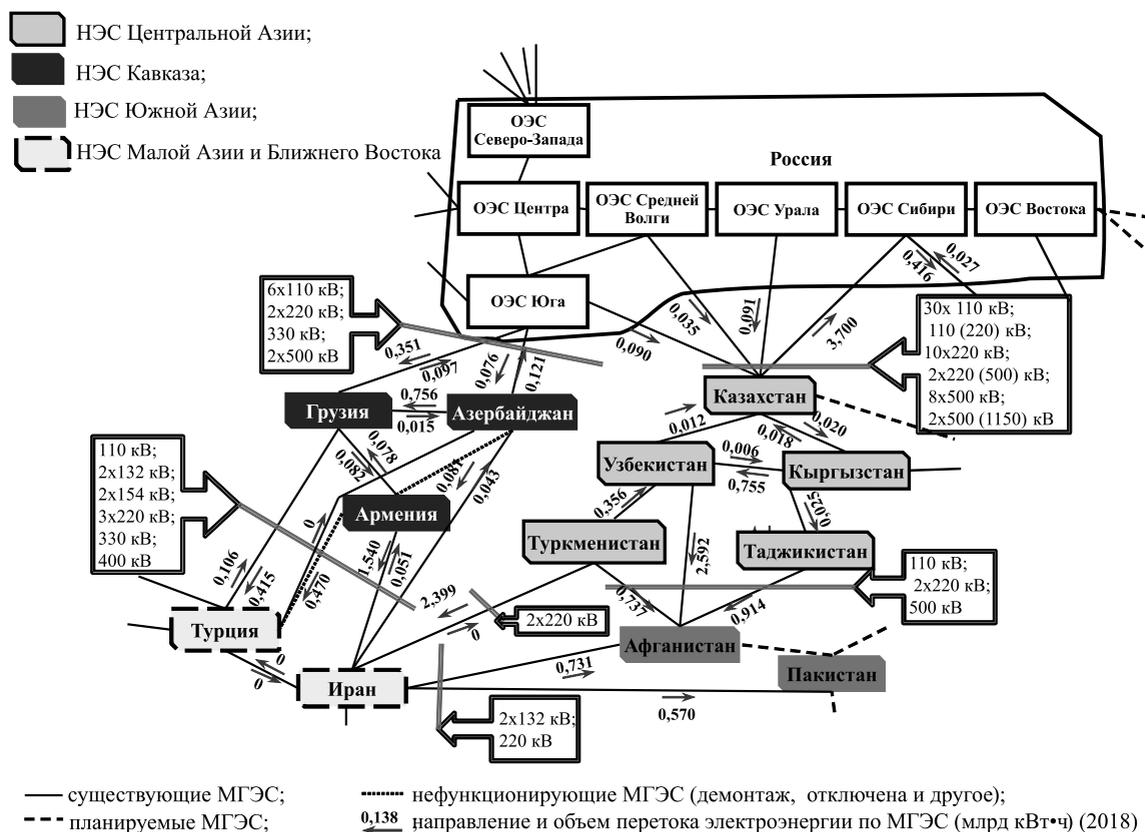


Рис. 1. Схема межгосударственных электросетей России, Центральной Азии, Кавказа, Южной Азии, Малой Азии и Ближнего Востока в 2018 г.

Fig. 1. A Diagram of Interstate Electric Ties Among Russia, Central Asia, Caucasus, Southern Asia and Middle East

Источник: сформировано авторами

Отличительной особенностью стран этого региона является существенное различие в обеспеченности энергоресурсами, природно-климатических условиях, экономическом развитии, структуре электропотребления. В таблице 1 показана обеспеченность энергоресурсами по узлам расчетной схемы (рисунок 2).

Таблица 1

**Обеспеченность энергоресурсами стран и регионов Евразии**

Table 1. Energy Reserves of Countries and Subregions of Eurasia

Страны и регионы	Россия	Центральная Азия	Афганистан & Пакистан	Турция & Иран	Кавказ
Виды энергоресурсов					
Запасы угля, млрд т	160,4	28,3	3,1	1,6	0,4
Запасы традиционной нефти, млрд т	14,5	4,1	< 0,1	21,6	1,0
Запасы традиционного газа, трлн м <sup>3</sup>	35,3	21,8	0,5	33,2	1,5
Запасы урана (<130 долл./кг U), млн т	214,5	472,8	н,д	7,6	н,д
Технический потенциал гидроэнергоресурсов, ТВт•ч/год	1670,0	510,0	292,0	266,0	23,0
Технический потенциал ветровой энергии, ТВт•ч/год	21846,0	139,2	71,0	297,0	31,0
Технический потенциал солнечной энергии, ТВт•ч/год	76821,0	10310,0	4994,0	7392,0	635,0

Источник: составлено авторами

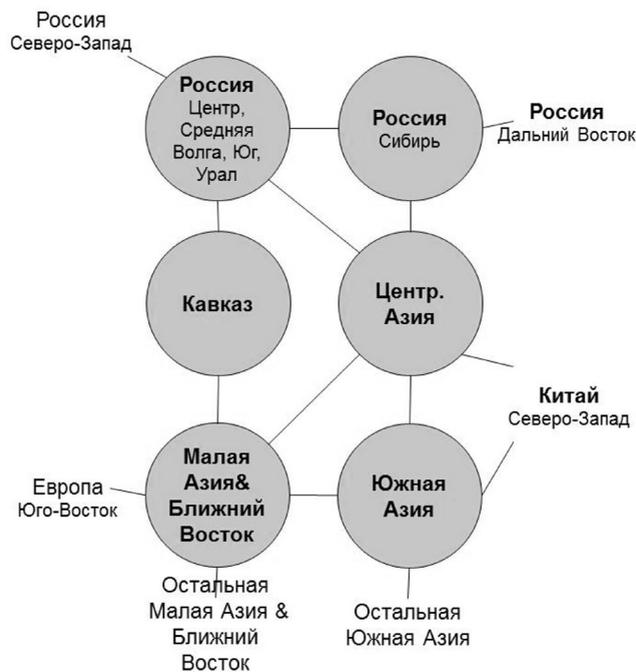


Рис. 2. Расчетная схема для исследований

Fig. 2. The Diagram of the Interstate Power Grid

Источник: построено авторами

**Постановка проблемы и сценарии для исследования**

Постановка задачи доложена в 2019 г. на Международном научном семинаре им. Ю. Н. Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики» (Ташкент, 23–27.09.2019) [7].

Цель исследования — оценка энергоэкономической эффективности усиления и сооружения новых межгосударственных электрических связей России при формировании межгосударственного энергообъединения в кавказском и центральноазиатском направлениях с выходом на электроэнергетические рынки Южной Азии и Ближнего Востока. Эффективность определяется сопоставлением значений приведенных затрат для вариантов развития и функционирования объединяемых ЭЭС при различной пропускной способности электрических связей. Для этого использовалась разработанная в ИСЭМ СО РАН специальная математическая модель ОРПЭС (Оптимизация развития и режимов электроэнергетических систем) [1]. В качестве расчетного временного уровня принят 2040 г.

Расчетная схема представлена шестью узлами: 1) Европейская часть РФ (включающая ОЭС Центра, Средней Волги, Урала и Юга); 2) ОЭС Сибири; 3) Центральная Азия (ЦА): Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Кыргызстан и Таджикистан; 4) Кавказ: Армения, Грузия, Азербайджан, Абхазия и Южная Осетия; 5) Южная Азия (ЮА): Афганистан, Пакистан; 6) Малая Азия и Ближний Восток (МА & БВ): Иран, Турция (рисунок 2).

Для выполнения данной работы проведена оценка текущего и перспективного состояния генерирующего оборудования, межгосударственной электросетевой инфраструктуры, рассмотрены программы развития электроэнергетики исследуемых стран, изучены технико-экономические параметры рассматриваемых объектов, в том числе электропередач постоянного тока  $\pm 800$  кВ.

Рассмотрено два сценария.

*Сценарий 1.* Показатели МГЭС соответствуют сложившемуся на данный момент состоянию с дополнительным учетом пропускных способностей межгосударственных электрических связей, которые сейчас планируются и будут реализованы в ближайшее время.

*Сценарий 2.* Для создания МГЭО предполагается усиление МГЭС сценария 1 за счет сооружения системы электропередач постоянного тока  $\pm 800$  кВ как надстройки над существующей электросетевой инфраструктурой переменного тока. На пропускные способности МГЭС накладываются только технологические ограничения.

Сопоставление основных показателей (вводы мощностей, инвестиции, значения целевой функции и пр.) сценария 2 с аналогичными суммарными показателями сценария 1 позволяет оценить оптимальное развитие пропускных способностей МГЭС и максимально возможные системные интеграционные эффекты объединения национальных ЭЭС в МГЭО.

## Основные исходные данные

В таблице 2 представлены прогнозные совмещенные годовые максимумы электрической нагрузки ОЭС или НЭС, входящих в данный узел расчетной схемы на рассматриваемую перспективу [7].

Таблица 2

### Прогнозные годовые максимумы электрической нагрузки, 2040 г., ГВт

Table 2. Forecasted Annual Maxima of Electric Load, 2040, GW

Россия (Центр, Средняя Волга, Юг, Урал)	Россия (Сибирь)	Кавказ	Центральная Азия	Малая Азия и Ближний Восток	Южная Азия
140,9	41,8	13,3	61,3	234,3	65,0

Источник: составлено авторами

В таблице 3 даны технико-экономические показатели линий электропередачи, формирующих межгосударственную электросетевую инфраструктуру постоянного тока рассматриваемого МГЭО [6].

Таблица 3

**Технико-экономические показатели межгосударственных электрических связей**  
Table 3. Technical and Economic Indices of Interstate Electric Ties

МГЭС \ Показатели	Удельные капиталовложения, долл./кВт	Потери, %	Длина, км
Россия (Сибирь) — Центральная Азия	377	7,8	2400
Россия (Центр, Средняя Волга, Юг, Урал) — Центральная Азия	333	6,8	2145
Россия (Центр, Средняя Волга, Юг, Урал) — Кавказ	267	4,7	1183
Центральная Азия — Южная Азия	202	3,4	858
Центральная Азия — Малая Азия и Ближний Восток	484	7,5	1867
Южная Азия — Малая Азия и Ближний Восток	381	6,0	1502
Кавказ — Малая Азия и Ближний Восток	272	4,3	1081

Источник: составлено авторами

В таблицах 4 и 5 приведены основные экономические показатели электростанций разных типов, использующих различные виды топлива [7].

Таблица 4

**Удельные капиталовложения в новые электростанции, долл./кВт**  
Table 4. Capital Investment in New Power Plants, USD/kW

Тип электростанции \ Страна	ГЭС	ГАЭС	ТЭС			АЭС
			Уголь	Газ	Нефть	
Россия	3000	1100	1800–2000	1200		2800
Центральная Азия	2100	1600	2150	1250		4300
Южная Азия	2600		1700	1200	1400	5200
Кавказ	1500		2000	1000	1500	5500
Малая Азия и Ближний Восток	2250	1000	1800	670	1400	4500

Источник: составлено авторами

Таблица 5

**Топливные затраты, долл./кВт•ч**  
Table 5. Fuel Costs, USD/kWh

Тип электростанции \ Страна	ТЭС			АЭС
	Уголь	Газ	Нефть	
Россия	0,015–0,025	0,027–0,030		0,004
Центральная Азия	0,015–0,017	0,034–0,038	0,099	0,004
Южная Азия	0,034	0,041	0,100	0,006
Кавказ	0,030	0,050	0,100	0,010
Малая Азия и Ближний Восток	0,034	0,050	0,090	0,007

Источник: составлено авторами

Эта информация получена из различных доступных источников, включая прогнозные работы национальных агентств и компаний стран региона. Показатели электростанций, естественно, отражают различия в природно-климатических условиях и в стоимости топлива. На удельные капиталовложения электростанций повлиял также фактор научно-технического развития (прогресса) конкретных стран. Особенно сильно этот фактор отразился на стоимости строительства атомных электростанций —

наиболее сложной технологии производства электроэнергии, освоенной в рассматриваемой части Евразии только в России. Остальные страны вынуждены импортировать оборудование АЭС, что приводит к удорожанию их строительства. Это удорожание, по-видимому, явилось причиной весьма значительной разницы капвложений в АЭС у России и других стран.

### Результаты исследования и их анализ

Сопоставление результатов оптимизационных расчетов для сценариев 1 и 2 показывает, что повышение пропускной способности межгосударственной электросетевой инфраструктуры (в сценарии 2) приводит к снижению общих затрат по МГЭО на 15,9 млрд долл. в год, в том числе топливных — на 10,3. При этом суммарные капитальные вложения в электростанции и МГЭС снижаются на 29,9 млрд долл., а потребность во вводе новых станций — на 26,6 ГВт для рассматриваемого расчетного временного уровня (рисунок 3, таблица 6). Для достижения такого эффекта требуется строительство около 127 ГВт межгосударственных связей (в сценарии 2 по сравнению со сценарием 1) с капиталовложениями 42 млрд долл., однако уменьшение вводов электростанций экономит 71,9 млрд долл., т. е. почти в два раза больше (таблицы 6 и 7).

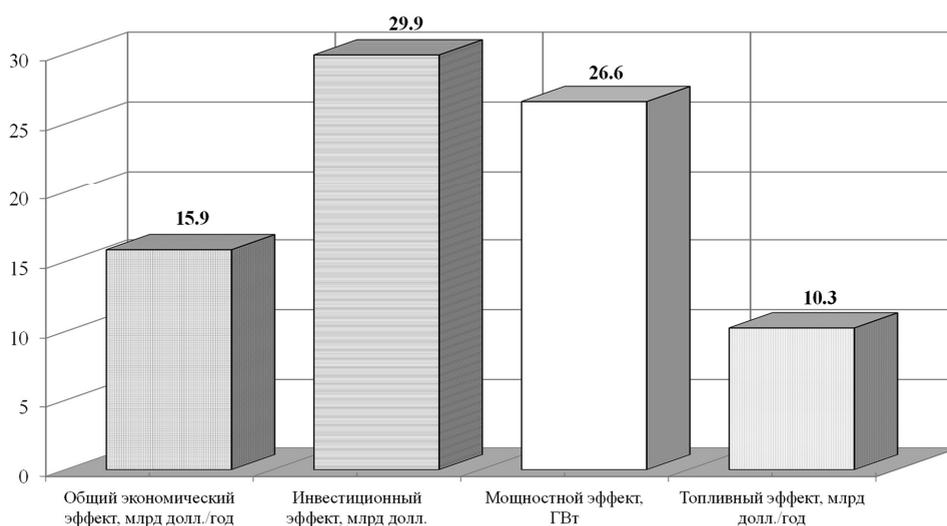


Рис. 3. Системные эффекты МГЭО, 2040 г.

Fig. 3. System Benefits of Power System Interconnection, 2040

Источник: построено авторами

Таблица 6

### Капитальные вложения и вводы мощностей электростанций

Table 6. Capital Investment

Составляющие Сценарии	Капвложения, млрд долл.			Вводы, ГВт
	Электростанции	ЛЭП	Всего	
Сценарий 1	352,593	0,121	352,714	180,3
Сценарий 2	280,650	42,126	322,776	153,7
Изменение (2)–(1)	-71,943	42,005	-29,938	-26,6

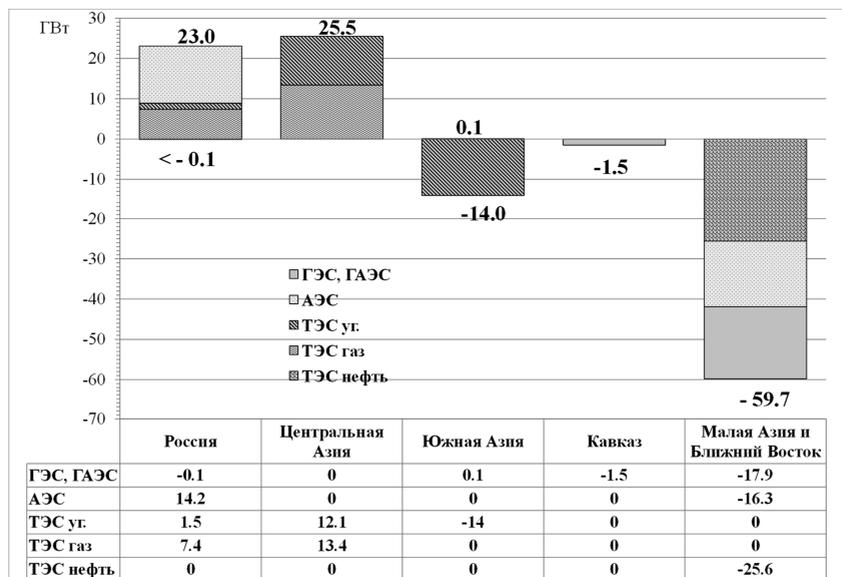
Источник: расчеты авторов

**Пропускные способности межгосударственных электрических связей, МВт**  
 Table 7. Optimal Transfer Capabilities of Interstate Electric Ties, MW

МГЭС / Сценарий	Россия (Сибирь) – ЦА	Россия (Центр, Средняя Волга, Юг, Урал) – ЦА	Россия – Кавказ	ЦА – ЮА	ЦА – МА & БВ	ЮА – МА & БВ	Кавказ – МА & БВ	Всего
Сценарий 1	1795	5510	2580	3300	900	240	4230	18555
Сценарий 2	11200	16000	29814	19385	32000	4846	32000	145245
Изменение (2)–(1)	9405	10490	27234	16085	31100	4606	27770	126690

Источник: расчеты авторов

Рисунок 4 демонстрирует изменение структуры вводов электростанций и распределение мощностного эффекта по странам в сценарии 2 по отношению к сценарию 1. Сокращение мощностей происходит в странах Малой Азии и Ближнего Востока (59,7 ГВт), Южной Азии (13,9 ГВт) и Кавказа (1,5 ГВт). При этом Россия и Центральная Азия вводят дополнительные мощности 23,0 и 25,5 ГВт соответственно. В целом по МГЭО мощностной эффект определяется увеличением вводов газовых ТЭС и сокращением в той или иной степени всех остальных типов электростанций. В наибольшей мере (на 25,6 ГВт) сокращаются вводы ТЭС на нефти (в странах Малой Азии и Ближнего Востока), имеющие высокие топливные издержки.



**Рис. 4.** Изменение структуры вводов мощностей электростанций, ГВт

Fig. 4. Change of the Generating Capacity Additions Mix of Power Plants, GwM

Источник: построено авторами

Интересные изменения претерпевают вводы АЭС: на Ближнем Востоке они уменьшаются на 16 ГВт, а в России, наоборот, увеличиваются на 14 ГВт. Объясняется это отмечавшимся выше большим различием удельных капиталовложений в АЭС у России и на Ближнем Востоке (у Турции и Ирана). Ситуация интересна тем, что АЭС в Турции и Иране строятся с участием и поддержкой России, а при сооружении рассматриваемых МГЭС и создании МГЭО эти АЭС вытесняются новыми АЭС в самой России. Иными словами, при создании МГЭО в рассматриваемой части Евразии возникает конкуренция между новыми АЭС

по российским проектам на Ближнем Востоке и АЭС в самой России. Этот вопрос требует специального более глубокого исследования.

Изменения структуры мощностей, в свою очередь, приводят к перераспределению производства электроэнергии как по видам генерации, так и по странам (таблица 8). Соответственно, изменяются и топливные издержки (таблица 9).

Таблица 8

**Выработка электроэнергии, ТВт•ч/год**  
Table 8. Electricity generation, TWh/year

Типы электростанций Страны и регионы	Типы электростанций						
	ГЭС & ГАЭС	ТЭС, уголь	ТЭС, газ	ТЭС, нефть	АЭС	Wind & Solar	Всего
<b>Сценарий 1</b>							
Россия	190,2	256,3	947,8		238,9	18,3	1651,5
Центральная Азия	95,8	183,2	168,9	7,9	12,8	10,8	479,4
Южная Азия	164,4	122,3	69,9	17,2	10,1	67,7	451,6
Кавказ	24,1	0,1	66,5	4,1	4,0	2,8	101,6
Малая Азия и Ближний Восток	130,1	421,5	614,0	217,2	212,8	191,2	1786,8
<b>Всего</b>	<b>604,6</b>	<b>983,4</b>	<b>1867,1</b>	<b>246,4</b>	<b>478,6</b>	<b>290,8</b>	<b>4470,9</b>
<b>Сценарий 2</b>							
Россия	191,0	269,3	1089,1		376,7	18,3	1944,4
Центральная Азия	96,0	287,3	325,2	8,0	12,8	10,8	740,1
Южная Азия	165,0	6,9	95,9	13,1	10,1	67,7	358,7
Кавказ	19,9	0,1	44,2	4,2	4,0	2,8	75,2
Малая Азия и Ближний Восток	99,6	421,5	541,8	68,0	68,5	191,2	1390,6
<b>Всего</b>	<b>571,5</b>	<b>985,1</b>	<b>2096,2</b>	<b>93,3</b>	<b>472,1</b>	<b>290,8</b>	<b>4509,0</b>
<b>Изменение (2)–(1)</b>							
Россия	0,8	13,0	141,3		137,8		292,9
Центральная Азия	0,2	104,1	156,3	0,1			260,7
Южная Азия	0,6	-115,4	26,0	-4,1			-92,9
Кавказ	-4,2		-22,3	0,1			-26,4
Малая Азия и Ближний Восток	-30,5		-72,2	-149,2	-144,3		-396,2
<b>Всего</b>	<b>-33,1</b>	<b>1,7</b>	<b>229,1</b>	<b>-153,1</b>	<b>-6,5</b>		<b>38,1</b>

Источник: расчеты авторов

Общее производство электроэнергии возрастает в сценарии 2 на 38,1 ТВт•ч из-за потерь в МГЭС, которые составляют 3–7% от передаваемой энергии (таблица 3). Однако топливные издержки при этом уменьшаются на 10,3 млрд долл./год, благодаря улучшению структуры выработки электростанций (таблица 9).

Производство электроэнергии значительно увеличивается в России и Центральной Азии с дешевыми энергоресурсами и уменьшается в остальных узлах расчетной схемы, где топливо гораздо дороже. Так, существенно уменьшаются производство электроэнергии и топливные издержки на угольных ТЭС в Южной Азии, на газовых ТЭС в странах Кавказа, Малой Азии и Ближнего Востока, а также на ТЭС, использующих нефть, в Малой Азии и на Ближнем Востоке. Кроме того, возникает уже отмечавшийся феномен перемещения АЭС с Ближнего Востока в Россию. Сокращение мощностей и производства электроэнергии на угле, нефти и АЭС может позволить получить дополнительный экологический эффект.

Таблица 10 показывает изменение интенсивности и направления обменов годовых объемов электроэнергии.

**Топливные издержки, млрд долл./год**  
Table 9. Fuel Costs, billion US dollars/year

Типы электростанций Страны и регионы	ТЭС, уголь	ТЭС, газ	ТЭС, нефть	АЭС	Всего
<b>Сценарий 1</b>					
Россия	4,666	27,566		0,956	33,188
Центральная Азия	3,014	5,847	0,784	0,051	9,696
Южная Азия	4,159	2,867	1,716	0,061	8,803
Кавказ	0,003	3,323	0,408	0,040	3,774
Малая Азия и Ближний Восток	14,331	30,700	19,548	1,490	66,069
<b>Всего</b>	<b>26,173</b>	<b>70,303</b>	<b>22,456</b>	<b>2,598</b>	<b>121,530</b>
<b>Сценарий 2</b>					
Россия	4,900	31,675		1,507	38,082
Центральная Азия	4,889	11,243	0,788	0,051	16,971
Южная Азия	0,233	3,932	1,308	0,061	5,534
Кавказ	0,003	2,208	0,418	0,040	2,669
Малая Азия и Ближний Восток	14,331	27,090	6,119	0,480	48,020
<b>Всего</b>	<b>24,356</b>	<b>76,148</b>	<b>8,633</b>	<b>2,139</b>	<b>111,276</b>
<b>Изменение (2)–(1)</b>					
Россия	0,234	4,110		0,551	4,895
Центральная Азия	1,875	5,396	0,004		7,275
Южная Азия	-3,926	1,065	-0,408		-3,269
Кавказ		-1,115	0,010		-1,105
Малая Азия и Ближний Восток		-3,611	-13,430	-1,010	-18,051
<b>Всего</b>	<b>-1,817</b>	<b>5,845</b>	<b>-13,824</b>	<b>-0,459</b>	<b>-10,255</b>

Источник: расчеты авторов

Таблица 10

**Изменение объемов перетока электроэнергии, ТВт•ч/год**  
Table 10. Power Flows Exchange, TWh/year

Перетоки Сценарии	Россия (Сибирь) ↔ЦА	Россия (Центр, Средняя Волга, Юг, Урал)↔ЦА	Россия↔ Кавказ	ЦА↔ЮА	ЦА↔МА & БВ	ЮА↔ МА & БВ	Кавказ↔ МА & БВ	Сумма
<b>Сценарий 1</b>								
выдача→	0,7	27,4	53,3	23,5	9,6	0,0	32,6	147,1
прием←	-13,1	-0,3	-0,1	0,0	-0,1	-0,6	0,0	-14,2
сальдо	-12,4	27,1	53,2	23,5	9,5	-0,6	32,6	132,9
<b>Сценарий 2</b>								
выдача→	14,4	307,7	58,7	120,5	180,7	2,6	273,1	957,7
прием←	-22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	0,0	-24,7
сальдо	-8,0	307,7	58,7	120,5	180,7	0,3	273,1	933,0
<b>Изменение сальдо (2)–(1)</b>	<b>4,4</b>	<b>280,6</b>	<b>5,5</b>	<b>97,0</b>	<b>171,2</b>	<b>0,9</b>	<b>240,5</b>	<b>800,1</b>

Источник: расчеты авторов

Как показано в таблице 7, пропускные способности МГЭС по всем рассматриваемым направлениям существенно увеличиваются. Наибольшее развитие получают линии по направлениям: Малая Азия & Ближний Восток — Центральная Азия и Малая Азия & Ближний Восток — Кавказ (по 32 ГВт каждая), а также Россия — Центральная Азия (до 27,2 ГВт) и Россия — Кавказ (до 29,8 ГВт). В семь раз возрастают и объемы передаваемой электроэнергии: с 132,9 ТВт·ч/год в сценарии 1 до 933 в сценарии 2 (таблица 10). При этом в обоих сценариях основными экспортёрами электроэнергии являются Россия — в направлениях Кавказа и Центральной Азии (сценарий 1 — 67,9 ТВт·ч/год, сценарий 2 — 358,4); Центральная Азия в направлениях Южной и Малой Азии & Ближний Восток (сценарий 1 — 33,0 ТВт·ч/год, сценарий 2 — 301,2); Кавказ в направлении Малой Азии & Ближний Восток (сценарий 1 — 32,6 ТВт·ч/год, сценарий 2 — 273,1).

Приведенные выше МГЭС, включая связи «Россия — Центральная Азия», «Центральная Азия — Южная Азия», «Южная Азия — Малая Азия & Ближний Восток», «Малая Азия & Ближний Восток — Кавказ», «Кавказ — Россия», фактически формируют контуры Каспийского энергокольца как субрегионального интеграционного электроэнергетического проекта.

## Заключение

1. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность развития МГЭС России в кавказско-центрально-азиатском направлении и формирования МГЭО в этой части Евразии. В частности, высокоэффективной является реинтеграция ЕЭС России и энергосистем стран Кавказа и Центральной Азии. Причем эта реинтеграция выполняется на новом технологическом уровне, что обеспечивает интенсивные обмены мощностью и электроэнергией с соответствующей реализацией системных интеграционных эффектов, превышающих достигнутые эффекты в советский период. Полученная концентрация электроэнергетического потенциала указанных стран позволяет им совместно выходить на электроэнергетические рынки стран Южной и Малой Азии и Ближнего Востока, также получая экономические эффекты. Кроме того, проведенные исследования позволили предварительно выявить основные параметры Каспийского энергетического кольца, такие как пропускные способности электрических связей, передаваемые по ним объемы электроэнергии и мощности. Целесообразно предусматривать и исследовать соответствующие проекты при двух- и многосторонних переговорах со странами данного региона.

2. Создание МГЭО экономически выгодно фактически всем странам региона:

- России и странам Центральной Азии в свете экспорта электроэнергии;
- странам Кавказа, Южной Азии и Ближнего Востока при импорте электроэнергии.

3. Строительство новых МГЭС в рамках рассматриваемого МГЭО целесообразно ориентировать на электропередачи постоянного тока  $\pm 800$  кВ. Для их проектирования и сооружения на первых этапах возможно следует привлекать специалистов и компании из Китайской Народной Республики, развивая при этом данную технологию в России. Предпосылки для этого в виде научно-технических заделов, созданных еще в советский период, имеются.

4. Специального, более глубокого изучения требует вопрос (проекты) сооружения в России экспортных атомных электростанций для передачи электроэнергии в страны Южной Азии и Ближнего Востока вместо участия России в строительстве АЭС на территории этих стран. Сооружение экспортных АЭС может оказаться экономически эффективным и целесообразным с точки зрения нераспространения ядерного оружия, уменьшения безработицы и других обстоятельств.

Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0001) программы фундаментальных исследований РФ на 2021–2030 гг.

## Литература

1. Беляев Л. С., Подковальников С. В., Савельев В. А., Чудинова Л. Ю. Эффективность межгосударственных электрических связей. Новосибирск : Наука, Сиб. изд. фирма РАН, 2008. 239 с.
2. Бударгин О. М. Электроэнергетика — драйвер глобальных энергообъединений // Электроэнергия. Передача и распределение. 2017. № 3 (42). С. 4–7.

3. Президенты пяти государств — членов ЕАЭС подписали протокол о создании общего электроэнергетического рынка [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: [minenergo.gov.ru/node/14908](http://minenergo.gov.ru/node/14908) (дата обращения: 29.05.2020).
4. Россия, Азербайджан и Иран подписали соглашение о совместной разработке ТЭО проекта соединения энергосистем трех стран [Электронный ресурс] // СО ЕЭС. URL: [http://www.so-ups.ru/index.php?id=press\\_release\\_view&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=14758&cHash=a5f3e97f2d](http://www.so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&tx_ttnews[tt_news]=14758&cHash=a5f3e97f2d) (дата обращения: 14.08.2020).
5. Шамсиев Х. А. Современное состояние и перспективы развития Объединенной энергосистемы Центральной Азии [Электронный ресурс] // Координационно-диспетчерский центр «Энергия», Ташкент. Апрель 2019. 23 с. URL: <https://www.carecprogram.org/uploads/CAPS-Modern-condition-and-outlook-ru.pdf> (дата обращения: 11.11.2020).
6. Global Electricity Network. Feasibility Study [Электронный ресурс]. CIGRE, 2019. 139 p. URL: [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/239969/1/CIGRE-GLOBAL\\_GRID-REPORT.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/239969/1/CIGRE-GLOBAL_GRID-REPORT.pdf) (дата обращения: 11.11.2020).
7. Podkovaľnikov S. V., Chudinova L. Yu. Strategic Cooperation of Electric Power Systems of Russia and Central Asia for the Creation of Common Eurasian Electric Power Space [Электронный ресурс] // E3S Web Conf. 2019. Vol. 139. 5 p. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901003> (дата обращения: 11.11.2020).

### Об авторах:

**Беляев Лев Спиридонович**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (Иркутск, Российская Федерация); [belyaev@isem.irk.ru](mailto:belyaev@isem.irk.ru)

**Подковальников Сергей Викторович**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (Иркутск, Российская Федерация); [spodkovaľnikov@isem.irk.ru](mailto:spodkovaľnikov@isem.irk.ru)

**Чудинова Людмила Юрьевна**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (Иркутск, Российская Федерация); [chudinova@isem.irk.ru](mailto:chudinova@isem.irk.ru)

### References

1. Belyaev L. S., Podkovaľnikov S. V., Savel'ev V. A., Chudinova L. Yu. Effektivnost' mezhgosudarstvennykh elektricheskikh svyazei. Novosibirsk : Nauka, Sib. izd. firma RAN, 2008. 239 s.
2. Budargin O. M. Elektroenergetika — draiver global'nykh energoob'edinenii // Elektroenergiya. Peredacha i raspredelenie. 2017. № 3 (42). S. 4–7.
3. Prezidenty pyati gosudarstv — chlenov EAES podpisali protokol o sozdanii obshchego elektroenergeticheskogo rynka [Elektronnyi resurs] // Ministerstvo energetiki Rossiiskoi Federatsii. URL: [minenergo.gov.ru/node/14908](http://minenergo.gov.ru/node/14908) (data obrashcheniya: 29.05.2020).
4. Rossiya, Azerbaidzhan i Iran podpisali soglasenie o sovmestnoi razrabotke TEO proekta soedineniya energosistem trekh stran [Elektronnyi resurs] // CO EES. URL: [http://www.so-ups.ru/index.php?id=press\\_release\\_view&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=14758&cHash=a5f3e97f2d](http://www.so-ups.ru/index.php?id=press_release_view&tx_ttnews[tt_news]=14758&cHash=a5f3e97f2d) (data obrashcheniya: 14.08.2020).
5. Shamsiev Kh. A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya Ob'edinennoi energosistemy Tsentral'noi Azii [Elektronnyi resurs] // Koordinatsionno-dispetcherskii tsentr «Energiya», Tashkent. Aprel' 2019. 23 s. URL: <https://www.carecprogram.org/uploads/CAPS-Modern-condition-and-outlook-ru.pdf> (data obrashcheniya: 11.11.2020).
6. Global Electricity Network. Feasibility Study [Elektronnyi resurs]. CIGRE, 2019. 139 p. URL: [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/239969/1/CIGRE-GLOBAL\\_GRID-REPORT.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/239969/1/CIGRE-GLOBAL_GRID-REPORT.pdf) (data obrashcheniya: 11.11.2020).

7. Podkovaľnikov S. V., Chudinova L. Yu. Strategic Cooperation of Electric Power Systems of Russia and Central Asia for the Creation of Common Eurasian Electric Power Space [Elektronnyi resurs] // E3S Web Conf. 2019. Vol. 139. 5 p. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913901003> (data obrashcheniya: 11.11.2020).

**About the authors:**

**Lev S. Belyaev**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russia); [belyaev@isem.irk.ru](mailto:belyaev@isem.irk.ru)

**Sergei V. Podkovaľnikov**, Doctor of Technical Sciences, Principal Researcher, Head of Department, Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russia); [spodkovaľnikov@isem.irk.ru](mailto:spodkovaľnikov@isem.irk.ru)

**Lyudmila Yu. Chudinova**, PhD of Technical Sciences, Senior Researcher, Melentiev Energy Systems Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Irkutsk, Russia); [chudinova@isem.irk.ru](mailto:chudinova@isem.irk.ru)