

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПОТЕНЦИАЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РОССИИ

С. И. Белан¹, Г. Б. Бадавов², Н. М. Гусейнов¹

¹ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»;

² Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики – филиал
Объединенного института высоких температур РАН

Аннотация: Одним из важных направлений роста энергоэффективности в ведущих странах мира является развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Оценка современного состояния освоения ВИЭ показывает, что средние темпы роста мощности энергоустановок на базе ВИЭ значительно превышают аналогичные показатели в традиционной энергетике. Несмотря на незначительный объем производства, Россия обладает значительным ресурсным потенциалом использования ВИЭ. Проведенные исследования позволили оценить валовой, технический и экономический потенциалы по основным источникам ВИЭ: малые ГЭС, гидротермальные ресурсы, ветровая и солнечная энергия, энергия биомассы, низкопотенциальное тепло. Лидерами по наличию экономического потенциала являются Дальневосточный, Южный и Северо-Кавказский федеральный округа. По результатам оценки эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов геотермальных вод в России сделан вывод о том, что при включении в топливно-энергетический баланс этих регионов эксплуатационных запасов геотермальных вод объем замещения природного газа может составить 5–20 % от потребления газа в современных условиях. По результатам исследований разработаны рекомендации по освоению основных видов ВИЭ в перспективных регионах России, обоснована необходимость и предложены меры государственной поддержки развития отрасли. Предложенные мероприятия могут повысить эффективность использования экономического потенциала ВИЭ на ближайшую перспективу и сделать их актуальным драйвером экономии потребления традиционных источников энергии, а в последующем – стратегическим резервом в энергоснабжении регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, малые гидроэлектростанции, гидротермальные ресурсы, ветровая энергия, солнечная энергия, геотермальная энергия, энергия биомассы, замещение газа, чистый доход.

Для цитирования: Белан С. И., Бадавов Г. Б., Гусейнов Н. М. Оценка современного состояния и потенциала использования возобновляемых источников энергии в России // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3-1. – С. 284–298. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_31_0_284.

Renewable energy sources in Russia – current situation and use potential

S. I. Belan¹, G. B. Badavov², N. M. Guseynov¹

¹ OOO "Gazprom VNIIGAZ", Russia;

² Institute of Geothermal and Renewable Energy Problems – Branch of the Joint Institute for High Temperatures of RAS, Russia

Abstract: One of the critical ways of improving energy efficiency in the leading economies of the world is development of renewable energy sources (RES). The accomplished research shows that average rates of growth in capacity of RES-driven electric power installations exceed considerably the same figures in the conventional power engineering. Despite low scale of production, Russia possesses a high use potential of RES. The gross, technical and economic potentials of the main sources of renewable energy are estimated (small hydroelectric power stations, hydrothermal resources, wind energy, solar energy, biomass energy, low grade heat). The leading holders of economic potentials are the Far Eastern, Southern and North Caucasian Federal Districts of Russia. From the appraisal of proven and probable resources of geothermal water in Russia, if the above-listed districts include the proven resources of geothermal water in their fuel and energy budget, it can be possible to substitute natural gas by 5–20% as compared with the current consumption percentage. Based on the research results, the recommendations are proposed for the development of main RES in the advanced regions of Russia, and possible governmental support measures in the sector are suggested and substantiated. Such efforts can enhance economic potential of RES in the near-term outlook, can make RES a driver in the field of economic use of conventional energy sources, and, later on, can promote RES as a strategic reserve of energy management in the Russian Federation.

Key words: renewable energy sources, small hydroelectric power installations, hydrothermal resources, wind energy, solar energy, biomass energy, gas substitution, net profit.

For citation: Belan S. I., Badavov G. B., Guseynov N. M. Renewable energy sources in Russia – current situation and use potential. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3-1):284–298. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_31_0_284.

Введение

Одним из важных направлений роста энергоэффективности в ведущих странах мира является развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Оценка современного состояния освоения ВИЭ свидетельствует о том, что средние темпы роста мощности энергоустановок на базе ВИЭ значительно превышают аналогичные показатели в традиционной энергетике. В настоящее время ВИЭ демонстрируют интенсивное развитие во всем мире,

что обусловлено истощением ресурсов традиционных источников энергии и повышенным вниманием населения к проблемам изменения климата [1–4].

В России наблюдается значительное отставание по развитию основных источников ВИЭ по сравнению с ведущими странами Западной Европы и США, где существуют значительные преференции для ускоренного их развития. Таким образом, оценка перспектив развития ВИЭ в России является

Таблица 1

Динамика развития возобновляемой энергетики в мире
Dynamics of the development of renewable energy in the world

Показатели	Ед. измер.	2003 г.	2012 г.	2019 г.
Установленная мощность электрических станций	млн кВт	800	1440	2588
ГЭС	млн кВт	715	960	1150
ВЭС	млн кВт	48	283	651
БиоТЭС	млн кВт	< 36	83	139
ГеоТЭС	млн кВт	8,9	11,5	13,9
СЭС с ФЭП	млн кВт	2,6	100	627
СЭС с концентраторами	млн кВт	0,4	2,5	6,3
Солнечные водонагревательные установки	млн кВт	100	283	330
Производство биотоплива				
– биодизель	млрд л	2,4	23,6	47
– этанол	млрд л	28,6	82,7	114,1
Инвестиции	млрд \$	39,5	249,5	301,7

Источник: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021 [5].

весьма актуальной задачей в современных условиях.

Оценка современного состояния освоения возобновляемых источников энергии. Показатели освоения ВИЭ в мире за последние годы (табл. 1) показывают высокие темпы роста ввода мощностей практически по всем основным видам ВИЭ.

В 2018 г. за счет использования ВИЭ было выработано 985 млрд кВтч электроэнергии, в т. ч. за счет ветра (125 млн кВт в 76 странах) — 350 млрд кВтч, за счет энергии биомассы (60 млн кВт в 45 странах) — 300 млрд кВтч, малых ГЭС (90 млн кВт) — 250 млрд кВтч, за счет геотермальных электростанций (11 млн кВт в 35 странах) — 67 млрд кВтч, солнечных электростанций (15 млн кВт в 32 странах) — 25 млрд кВтч электричества.

Установленные мощности геотермальных систем, работающих в 78 странах мира, достигли 185 тыс. ГДж /час с выработкой 455 млн ГДж/год. Наибольший уровень прямого

использования геотермальной энергии отмечается в Китае (75 млн ГДж), США (55 млн ГДж), Японии, Норвегии и Исландии (25 млн ГДж), Франции (13 млн ГДж), Канаде (9 млн ГДж) и Швейцарии (8 млн ГДж). Значительно увеличились масштабы производства биотоплива (биоэтанол — 77 млрд литров, биодизель — 11 млрд литров).

Во многих странах на законодательном уровне установлено целевое потребление ВИЭ в общем энергобалансе на уровне 15–25 % к 2020 г.:

- Европейский союз — 20% от всего потребления энергии к 2020 г.;
- Китай — 15% от всего объема потребления энергии к 2020 г.;
- Бразилия — 75% от генерации электричества к 2030 г.

Наиболее амбициозные планы у Австрии — 80% нужд в электроэнергии покрыть за счет ВИЭ, Швеция — 60%, Латвия — 50%.

Россия с макроэкономической точки зрения обеспечена «избыточными» традиционными энергоресурсами. Однако

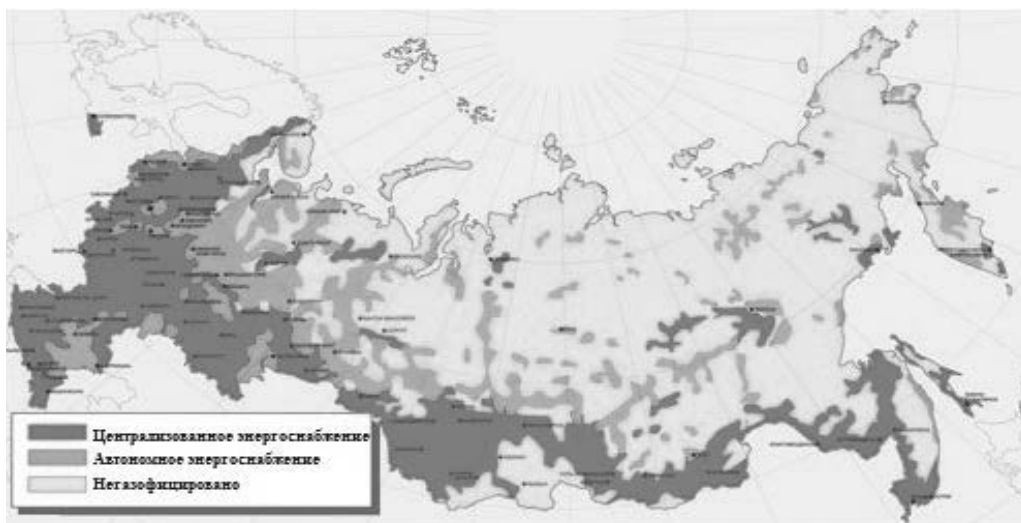


Рис. 1. Карта энергообеспеченности регионов России [6]

Fig. 1. Map of energy supply in Russian regions [6]

энергетическая ситуация в регионах также требует повышения энергетической безопасности. Возобновляемые источники энергии уже нашли широкое применение во многих развитых странах Европы, в США, Японии и др. В России централизованные системы энергоснабжения обеспечивают примерно 1/3 территории страны, на 70% территории (с населением около 20 – 25 млн человек) энергоснабжение осуществляется с помощью автономных энергоустановок. В свою очередь, автономные энергоустановки требуют завоза более дорого жидкого топлива или использования местных ресурсов, имеющих более низкие экономические показатели (уголь, древесное топливо, торф и др.). Проблема региональной энергетической безопасности для России с ее огромной территорией актуальна, так как значительная часть регионов страны имеет энергодефицитный статус: поставка энергоносителей осуществляется из других регионов (рис. 1).

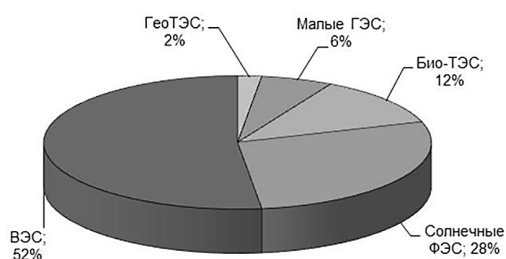
Структура потребления энергии в России (рис.2) отличается от обще-

мировой. Низкий уровень потребления ВИЭ обусловлен структурой современной российской экономики: низкий технологический уровень и неэффективное применение различных видов топливно-энергетических ресурсов. Вследствие этого в экономике страны можно наблюдать высокую степень энерго- и ресурсозатрат при производстве товарной продукции. Основу традиционной энергетики России в настоящее время составляют тепловые (68%), гидро- и атомные электростанции (31%). На долю ВИЭ приходится около 1 % от общего энергобаланса страны.

В России активно применяются технологии БиоТЭС (65% против общемирового уровня в 12%) и малых ГЭС (31% против 6%). При этом недостаточно активно развиваются направления ветровой и солнечной энергетики [7].

В России темпы освоения энергопроизводств на базе ВИЭ отстают от мирового уровня. На базе ВИЭ ежегодно вырабатывается 8,5 млрд кВт·ч электроэнергии, общая мощ-

Доля ВИЭ в общем балансе (Мир)



Доля ВИЭ в общем балансе (Россия)

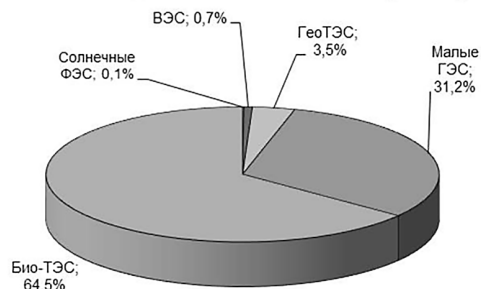


Рис. 2. Доля ВИЭ в общем балансе, %
Fig. 2. Share of RES in the total balance, %

ность электрогенерирующих установок составляет около 2200 МВт или 0,2% от соответствующих показателей в мире. В таблице 2 приведены фактические и прогнозные показатели производства возобновляемой энергии в России согласно [8]. Доли тепло- и электроэнергии на основе ВИЭ в России составляют соответственно 3,9% и 0,6% от общего объема производства.

Результаты оценки перспектив развития основных видов ВИЭ.

Дальнейшее развитие энергопроизводства на базе ВИЭ в России сдерживается технологическими и экономическими факторами: высокие затраты на тепло- и электрогенерацию, низкий уровень тарифов на традиционные источники энергии внутри страны. Технологическими и экономическими факторами, сдерживающими развитие энергопроизводства на базе ВИЭ в России, являются недостаточный уровень развития технологий для широкомасштабного освоения ВИЭ. По мере роста тарифов на углеводороды и освоения технологий ВИЭ экономическая эффективность создания производств на базе ВИЭ будет повышаться.

Сопоставление показателей энергопотребления ведущих стран мира и России показало, что удельная энергоёмкость внутреннего валового

продукта России значительно выше. В условиях роста цен на тепловую и электрическую энергию и снижения надежности централизованных систем энергоснабжения становится целесообразным ускоренное вовлечение ВИЭ в энергобаланс страны.

Несмотря на незначительный объем производства, Россия обладает большим ресурсным потенциалом использования ВИЭ. Проведенные исследования позволили провести оценку валового, технического и экономического потенциалов ВИЭ, запасов геотермальных ресурсов в России (эксплуатационных и прогнозных).

По оценке П. П. Безруких и др. экономический потенциал возобновляемых источников энергии в России составляет более 300 миллионов тонн условного топлива (млн т. у.т.), что может обеспечить порядка 30% потребляемых в стране энергоресурсов [9–11]. Технический потенциал данных ресурсов (24221 млн т. у.т.) во много раз превосходит сегодняшний и прогнозируемые уровни энергопотребления. В частности, в прогнозе на 2040 г. потребление первичных энергоресурсов в России составит 790 млн т. н.э. Однако доля ВИЭ в нём будет всё ещё мизерной – 35 млн т. н.э или 4,43% [12–14].

Таблица 2

Показатели производства возобновляемой энергии в России
Indicators of renewable energy production in Russia Of Russia

Источники ВИЭ	Мощность установленная, МВт		Выработка, млрд кВт·ч		Доля ВИЭ в общем объеме, %	
	2010 г.	2020 г.	2010 г.	2020 г.	2010 г.	2020 г.
Малые ГЭС (до 25 МВт)	683	4800	2,8	20,0	0,33	1,1
Биомасса/Биогаз	1413	7850	5,2	34,9	0,62	2,0
Геотермальная энергия	76,5	750	0,4	5,0	0,05	0,3
Энергия ветра	16,5	7000	0,0097	17,5	0,001	1,0
Энергия приливов	1,5	4500	–	2,3	–	0,1
Энергия солнца	0,02	12,1	0,00002	0,018	0,000002	0
ВИЭ, всего	2190,5	25162	8,41	79,7	1,00	4,5

Лидерами по экономическому потенциалу являются Дальневосточный округ – 124,65 млн т у.т./год, Юг России (Южный и Северо-Кавказский округа) – 50,33 млн т у.т./год, Сибирский округ – 42,16 млн т у.т./год. При условии реализации экономического потенциала ВИЭ возможные

объемы замещения газа могут составить 259,7 млрд куб. м или 68,3 % от современного объема потребления газа. В табл. 3 приведены объемы замещения природного газа, возможные при освоении экономического потенциала ВИЭ по перспективным регионам России.

Таблица 3

Возможные объемы замещения природного газа при освоении экономического потенциала ВИЭ по перспективным регионам России
Possible volumes of natural gas substitution in the development of the economic potential of renewable energy sources in promising regions of Russia

Ресурсы	Всего по России	в т. ч. по перспективным регионам и федеральным округам		
		Дальневосточный	Сибирский	Юг России
Энергия ветра, млн т у.т.	11,08	4,20	2,57	0,30
– производство электроэнергии, млрд кВт·ч	32,57	12,35	7,56	0,88
– объем замещения природного газа, млрд куб. м	9,64	3,65	2,23	0,26
– % к годовому газопотреблению	2,10	78,0	14,68	0,88
Малые ГЭС, млн т у.т.	69,70	27,30	25,40	3,50
– производство электроэнергии, млрд кВт·ч	205,09	80,10	74,80	10,3
– объем замещения природного газа, млрд куб. м	60,64	23,75	22,10	3,04
– % к годовому газопотреблению	13,23	507,5	145,48	10,35

Окончание табл. 3

Ресурсы	Всего по России	в т. ч. по перспективным регионам и федеральным округам		
		Дальневосточный	Сибирский	Юг России
Солнечная энергия, млн т у.т.	2,52	0,13	0,43	0,69
– производство электроэнергии, млрд кВт·ч	0,44	0,02	0,08	0,03
– производство тепла, млн Гдж	49,7	2,63	8,4	14,2
– объем замещения природного газа, млрд куб. м	2,20	0,115	0,37	0,60
– % к годовому газопотреблению	0,48	2,46	2,43	2,04
Гидротермальные ресурсы, млн т у.т.	114,9	89,8	–	25,1
– объем замещения природного газа, млрд куб. м	99,96	78,12		21,84
– % к годовому газопотреблению	21,82	1669,4		74,34
Энергия биомассы, млн т у.т.	69,07	2,18	10,55	16,24
– объем замещения прир. газа, млрд куб. м	60,08	1,89	9,18	14,13
– % к годовому газопотреблению	13,12	40,39	60,43	48,10
Низкопотенциальное тепло, млн т у.т.	31,28	1,04	3,21	4,50
– объем замещения природного газа, млрд куб. м	27,21	0,91	2,79	3,92
– % к годовому газопотреблению	5,94	19,44	18,37	13,34
Итого, млн т у.т.	298,54	124,65	42,16	50,33
– объем замещения природного газа, млрд куб. м	259,73	108,45	36,68	43,78
– % к годовому газопотреблению	68,3	2317,19	241,39	149,05

По «геотермальным» районам России в настоящее время объем замещения газа оценивается в 136,5 млн м³/год. При включении в топливно-энергетический баланс этих районов запасов геотермальных вод объем замещения газа может составить 968,1 (эксплуатационные запасы) и 3802,4 млн м³/год (прогнозные ресурсы).

В качестве первоочередного объекта для развития энергопроизводства на основе ВИЭ можно выделить Юг России, где имеется высокий ресурсный потенциал и мощная действующая инфраструктура в области малой гидроэнергетики (11 малых ГЭС мощностью 50,2 МВт действуют в Дагестане), геотермальной (более 100 разведанных месторождений) и биоэнергетики. Вместе с тем, регион по-прежнему является

энергодефицитным: первичные энергоносители (нефть, газ природный, уголь) поставляются в основном из других регионов страны. Перспективы роста геотермального производства по «геотермальным» регионам России с учетом разведанных запасов и утвержденных в государственном комитете по запасам РФ [15] приведен в табл. 4.

С учетом имеющихся на Юге России технических и инвестиционных возможностей освоения ресурсного потенциала разработаны сценарии освоения основных видов ВИЭ:

- умеренный сценарий, предполагающий создание энергопроизводства за 15-летний период с использованием 10 % экономического потенциала ВИЭ;
- ускоренный сценарий, предполагающий создание энергопроизводства

Таблица 4

Потенциал геотермального производства по регионам России
Potential of geothermal production by regions of Russia

Наименование региона	Запасы, прогнозы термальных вод		Потенциал теплопроизводства		Объем замещения газа	
	Категории: ИЗ* РЗ** ПР***	Величина тыс. куб. м / сутки тыс. т/сутки	тыс. Гдж/год	тыс. т у.т./год	млн куб. м/год	% от потребления газа
Юг России****	ИР	21,52	1099,4	47,3	39,4	0,2
	РЗ	229,131	20986,1	902,2	751,8	3,1
	ПР	797,18	69807,3	3001,0	2500,9	10,3
Камчатский край	ИР	33,28/62,41	2701,2	116,1	96,8	1640,2
	РЗ	74,59/119,8	6001,4	258,0	215,0	3644,1
	ПР	452/650	36171,5	1555,0	1295,9	21950,0
Чукотский автономный округ	РЗ	2,2	84,2	3,6	3,0	0,3
	ПР	29,6	1130,5	48,6	40,5	329,3
Магаданская область	РЗ	0,135	6,3	0,3	0,2	-
	ПР	7,1	325,8	14,0	11,7	-
Сахалинская область	ИР	/3,24	8,2	0,4	0,3	0,1
	РЗ	/13,71	34,5	1,5	1,2	0,2
	ПР	/62,76	157,7	6,8	5,7	1,0
Итого	ИР	54,8/65,65	3808,8	163,7	136,5	0,7
	РЗ	306,1/133,51	27112,3	1165,6	968,1	4,7
	ПР	1285,9/712,76	107592	4625	3802	18,5

Примечания: * — используемые ресурсы, ** — разведанные запасы, *** — прогнозные ресурсы, **** — Ставропольский и Краснодарский края, республики: Адыгея, Дагестан, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская, Чеченская.

за 15-летний период с использованием 25% экономического потенциала ВИЭ.

По обоим сценариям рассмотрены следующие направления расширения использования ВИЭ в регионе:

- производство теплоэнергии — геотермальные системы теплоснабжения и солнечные коллекторы;

- производство электроэнергии — геотермальные и биотопливные электростанции, ветро- и солнечные электрические станции, малые ГЭС.

По предложенным сценариям проведена оценка эффективности инвестиций в создание энергопроизводств на основе ВИЭ Юга России. В качестве базовых тарифов на тепло- и элект-

троэнергию приняты действующие тарифы в регионе и прогнозные значения их роста, выполненные Агентством по прогнозированию балансов в электроэнергетике.

Для обеспечения минимально приемлемого уровня коммерческой доходности инвестиций (внутренняя норма доходности ВНД=15%) по некоторым видам ВИЭ приняты надбавки к тарифу. Коэффициенты удорожания действующих тарифов составили следующие величины: 2,9 — солнечные электростанции, 1,3 — малые ГЭС, 1,2 — системы солнечного теплоснабжения, 1,1 — ветроэлектростанции и системы геотермального теплоснаб-

Таблица 5

Сводные показатели реализации сценариев освоения ВИЭ на Юге России
Summary indicators of the implementation of RES development scenarios in the South of Russia

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Сценарии	
			умеренный	ускоренный
1	Ввод электрических мощностей	МВт	515,0	1290,0
2	Ввод тепловых мощностей	тыс. ГДж/ч	2,05	5,13
3	Производство электроэнергии за 15 лет	тыс. ГВт·ч	24,6	61,5
4	Производство теплоэнергии за 15 лет	млн ГДж	77,2	192,9
5	Замещение топлива	млн т у.т.	12,2	30,4
6	Замещение природного газа	млрд куб. м	10,6	26,5
7	Прирост доли ВИЭ в ТЭБ региона	%	1,27	3,18
8	Инвестиции	млрд руб.	70,11	175,40
9	Чистый дисконтированный доход	млрд руб.	12,94	31,92
10	Индекс дисконтированной доходности инвестиций	отн. ед.	1,6	1,6
11	Дисконтированный срок окупаемости	лет	13,7	13,7

жения, 1,03 — геотермальные электростанции.

Расчеты показали, что в современных условиях на Юге России без субсидии тарифной ставки на тепло и электроэнергию для инвестора привлекательный уровень коммерческой эффективности будет иметь только строительство биогазовых ТЭС. Проекты создания энергопроизводств на базе других видов ВИЭ будут находиться на грани окупаемости инвестиций или станут убыточными.

Согласно проведенным исследованиям в случае реализации принятых сценариев наиболее высокие показатели роста энерго мощностей на базе ВИЭ будут у малых ГЭС, геотермальных электрических и тепловых станций. При этом наиболее эффективными с точки зрения замещения органического топлива могут быть геотермальные системы теплоснабжения, которые при вложении 8,32 млрд руб. позволяют заместить 0,32 млн т у.т. или 0,28 млрд куб. м газа природного по умеренному сценарию, а по ускоренному сценарию

при вложении 20,8 млрд руб. — 0,8 млн т у.т. или 0,7 млрд куб. м природного газа.

Сводные технико-экономические показатели реализации сценариев освоения ВИЭ на Юге России приведены в табл. 5.

В целом по Югу России прирост доли ВИЭ в потреблении первичных топливно-энергетических ресурсов может составить на конец расчетного периода — 1,27% по умеренному сценарию и 3,18% по ускоренному сценарию. Соответственно, замещение природного газа за расчетный период может достичь 10,6 и 26,5 млрд куб.м.

Прогнозные объемы замещения газа при освоении основных видов ВИЭ Юга России для умеренного сценария приведены на рис. 3.

Рассмотренные сценарии имеют схожие показатели коммерческой эффективности и отличаются в основном техническими параметрами их реализации. Оба сценария могут быть реализованы при условии оказания поддержки со стороны государства и заинтересо-

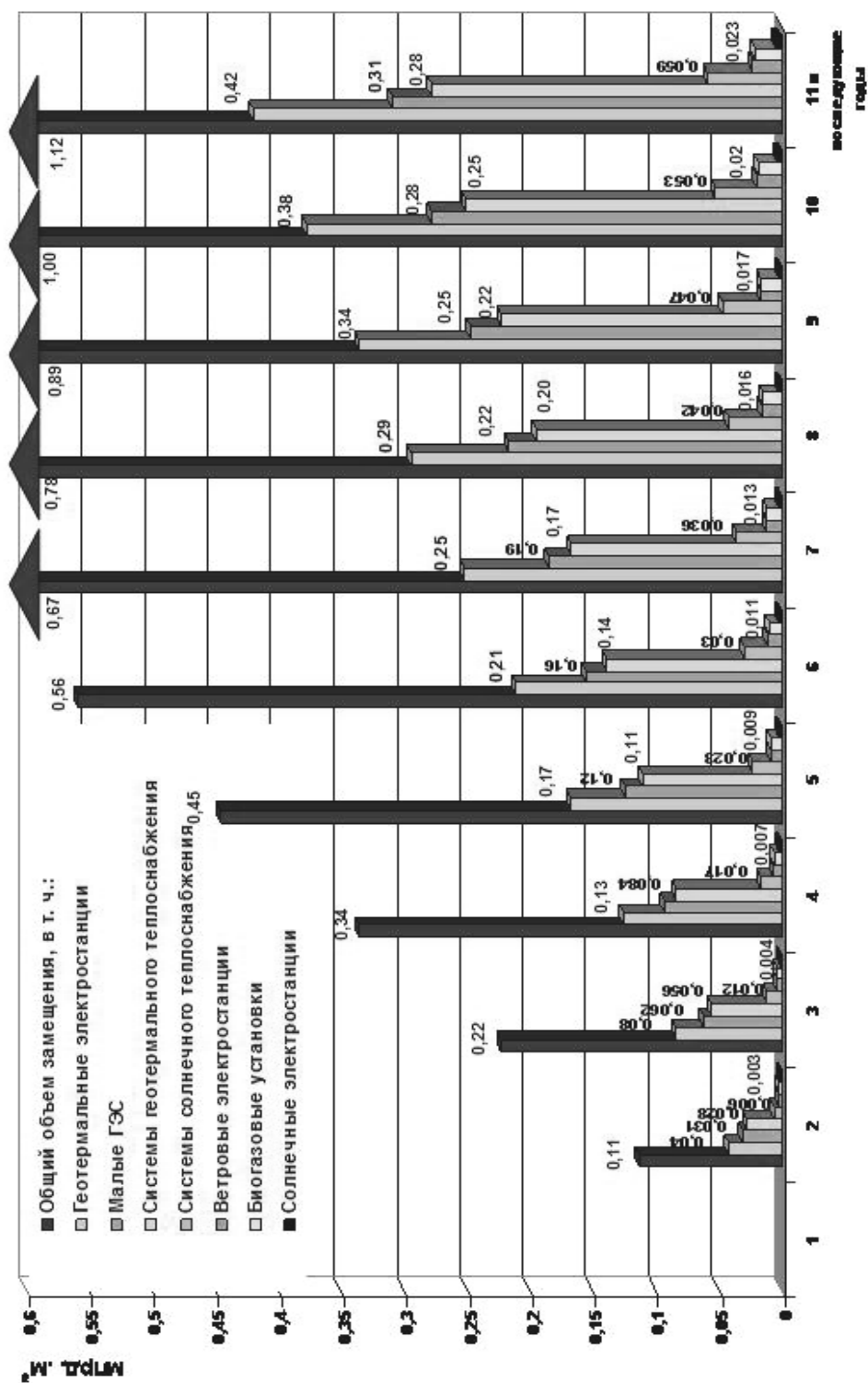


Рис. 3. Объемы замещения газа природного при освоении ВИЭ Юга России
 Fig. 3. Volumes of natural gas substitution in the development of renewable energy sources in the South of Russia

ванных в освоении ВИЭ частных инвесторов. Как показали исследования, наиболее перспективными регионами Юга России для освоения ВИЭ являются Краснодарский и Ставропольский края, Северо-Кавказские республики. Значительными ресурсами (экономическим потенциалом) обладают: Краснодарский край (7,8 млн т у.т./год), Ставропольский край (4,1 млн т у.т./год), Республика Дагестан (1,9 млн т у.т./год), Кабардино-Балкария (0,5 млн т у.т./год), Чечня (0,4 млн т у.т./год), Северная Осетия (0,4 млн т у.т./год), Карачаево-Черкессия (0,4 млн т у.т./год) и Ингушетия (0,1 млн т у.т./год). В некоторых субъектах имеются энергопроизводства на базе двух и более видов ВИЭ.

Одним из наиболее подготовленных регионов для ускоренного освоения ВИЭ с точки зрения ресурсной и законодательной базы, технических возможностей и опыта эксплуатации является Республика Дагестан. Среднее значение удельного экономического ресурса ВИЭ в Республике Дагестан составляет 37,4 т у.т./км² и почти в два раза выше аналогичного показателя по Российской Федерации — 18,8 т у.т./км². В Дагестане разработана и находится на стадии реализации Республиканская целевая программа «Использование возобновляемых источников энергии в Республике Дагестана до 2020 года» [16 – 19].

Заключение. По результатам исследований разработаны рекомендации по освоению основных видов ВИЭ в перспективных регионах России, обоснована необходимость и предложены меры государственной поддержки развития отрасли.

Для ускоренного освоения ВИЭ необходимо установление налоговых льгот на федеральном и региональном уровнях, а также субсидирование

тарифов на электро- и теплоэнергию, полученную на основе ВИЭ, к действующим в настоящее время тарифам на топливно-энергетические ресурсы.

Одним из важных направлений стимулирования развития геотермальной энергетики является повышение эффективности геотермального производства на действующих предприятиях: применение интенсивных способов эксплуатации месторождений (насосный и геодинамический и др.), использование скважин нефтегазового фонда и т.д.

С целью расширения производства на базе ВИЭ необходимо наладить выпуск автономных энергоустановок: солнечных систем энергоснабжения мощностью от 1 кВт до 100 кВт; солнечных систем горячего водоснабжения индивидуальных потребителей, лечебно-оздоровительных предприятий, индивидуальных котельных; ветроагрегатов, адаптированные к условиям различных регионов России; комбинированных ветро-гелио установок для использования в качестве автономного или резервного источника энергии; биогазовых комплексов, вырабатывающих электричество и тепло из отходов животноводства и птицеводства и др.

Для освоения геотермальных ресурсов с целью газо- и энергосбережения необходимо выполнить ряд первоочередных мероприятий по созданию объектов геотермального производства [17]:

1. Разработать генеральную схему освоения геотермальных ресурсов, программы реконструкции и создания геотермальных производств.

2. Выполнить переоценку и подсчет эксплуатационных запасов геотермальных вод перспективных месторождений с последующей защитой в ГКЗ РФ.

3. Составить проекты разработки и обустройства перспективных геотермальных месторождений.

4. Осуществить предпроектные работы, включая разработку обоснований инвестиций в создание объектов геотермального производства.

5. Разработать проекты строительства объектов геотермального производства.

6. Создать условия для привлечения инвестиций в создание объектов геотермального производства.

Предложенные мероприятия могут в ближайшей перспективе повысить эффективность использования экономического потенциала основных видов ВИЭ, сделать ВИЭ актуальным резервом экономии газа, а в дальнейшем — стратегическим резервом в энергоснабжении регионов Российской Федерации.

Энергетика является крайне инерционной сферой экономики. Требуется десятилетия для продвижения новых технологий. Поэтому технологии ВИЭ надо развивать опережающими по сравнению с традиционной энергетикой темпами, чтобы не оказаться в жесткой технологической зависимости от других стран. Для реализации стратегических целей освоения ВИЭ необходимо разработать и реализовать с участием Министерства природных ресурсов РФ, Министерства образования и науки РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, и ведущих энергетиче-

ских компаний (ПАО «Газпром», ПАО «Русгидро» и др.) программу развития ВИЭ на федеральном, региональном и отраслевом уровнях.

Для крупных отечественных энергетических компаний освоение ВИЭ также будет иметь энергосберегающий и экономический эффект.

Развитие энергопроизводств на базе ВИЭ позволит:

- сэкономить органическое топливо;
- снизить объёмы и затраты на транспортировку углеводородов из регионов добычи в энергодефицитные регионы;
- обеспечить электро- и теплоэнергией объекты добычи и транспорта углеводородов, удаленных от источников централизованного энергоснабжения.
- ежегодно замещать более 10 млрд куб. м природного газа и получать более 15 млрд руб. дополнительного дохода.

По результатам проведенных исследований рекомендовано повысить внимание отраслевых и региональных ведомств к освоению ВИЭ. Развитие возобновляемой энергетики должно войти в зону внимания заинтересованных структур, получить статус приоритетной научно-технической проблемы, для решения которой в рамках действующего управленческого механизма сформировать соответствующую организационно-методическую базу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Benedeka J., Sebestyena T., Bartóka B.* Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewable energy-based rural development// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, Vol.90,pp.516 – 535, doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.020.

2. *Furlan C., Montarino C.* Forecasting the impact of renewable energies in competition with non-renewable sources// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, Vol. 81, Part 2,pp. 1879 – 1886, doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.284.

3. *Yin S., Wang J., Li Z, Fang X.* State-of-the-art short-term electricity market operation with solar generation:// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, Vol. 138, 110647, doi.org/10.1016/j.rser.2020.110647.

4. *Soltani M., Kashkooli F. V., Souri V., Rafiei .B, Jabarifar M, Gharali K., Nathwani J. S.* Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems// *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, Vol. 140, 110750, doi.org/10.1016/j.rser.2021.110750.

5. Renewables 2020. Global status report — P. 35. URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report> (дата обращения: 21.01.2021).

6. *Фортв В. Е., Попель О. С.* Возобновляемые источники энергии в России // Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы // Материалы II Международной конференции. 27–30 сентября 2010 г. / Под ред. д.т.н. А. Б. Алхасова — Махачкала: ИП Овчинников (АЛЕФ), 2010. С. 4–23.

7. *Капитонов И. А.* Перспективы развития мирового и отечественного рынка альтернативной энергетики // Вестник экономической интеграции. 2011. № 2. С. 154–161.

8. *Ермоленко Б., Ермоленко Г., Гордеев И., Богородицкая Н.* Возобновляемая энергетика и устойчивое развитие экономики // Энергетический вестник. 2012. № 13. С. 57–101.

9. *Безруких П. П., Арбузов Ю. Д., Борисов Г. А., Виссарионов В. И., Евдокимов В. М., Малинин Н. К., Огородов Н. В., Пузаков Н. В., Сидоренко Г. И. и Шпак А. А.* Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. — СПб.: Наука, 2002. 314 с.

10. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. — М.: «ИАЦ Энергия», 2007. — 272 с.

11. Атлас ресурсов возобновляемой энергии на территории России: науч. издание / Т. И. Андреев, Т. С. Габдрахманова, О. В. Данилова и др. — РХТУ им. Д. И. Менделеева Москва, 2015. 160 с.

12. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина; ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО — Москва, 2019. — 210 с.

13. *Алхасов А. Б., Бадавов Г. Б., Белан С. И., Ниналалов С. А.* / О реализации Республиканской целевой программы «Использование возобновляемых источников энергии в Республике Дагестан» // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 11. / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; отв. ред. В. Н. Герасимов, Д. Е. Ефременко. / М., 2016. — Ч.1. С. 659–662.

14. *Белан С. И., Бадавов Г. Б., Гусейнов Н. М.* Перспективы освоения возобновляемых источников энергии в энергодефицитных регионах Юга России // Проблемы и перспективы использования потенциала возобновляемых источников энергии в регионе: Материалы круглого стола. (14 мая 2015 г.) — Махачкала, ИСЭИ ДНЦ РАН, 2015. С. 4–18.

15. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. Теплоэнергетические воды. — М.: ФГУНПП «Росгеолфонд», 2012. — 68 с.

16. *Алхасов А. Б., Бадавов Г. Б., Белан С. И., Ниналалов С. А.* Вопросы республиканской целевой программы «Использование возобновляемых источников энергии в Республике Дагестан» // Региональные проблемы преобразования экономики. 2015. № 9 (59). С. 36–42.

17. *Омаров М. А., Саркаров Р. А., Белан С. И., Гусейнов Н. М.* Перспективы освоения возобновляемых источников энергии в России // журнал «Газовая промышленность». — 2011. — № 10. — С. 58–59.

18. *Алхасов А. Б., Бутузов В. А., Алиев Р. М., Бадавов Г. Б.* Современное состояние исследований и эксплуатации систем геотермального теплоснабжения в Дагестане // Материалы VI Международной конференции «Возобновляемая энергетика: проблемы и перспективы» и XII школы молодых ученых «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» имени Э. Э. Шпильрайна. — Махачкала: Изд-во «АЛЕФ», 2020. — С. 67–80.

19. *Бутузов В. А., Алхасов А. Б., Алиев Р. М., Бадавов Г. Б.* Геотермальное теплоснабжение Дагестана // Энергосбережение и водоподготовка. 2020. № 4 (126). С. 30–41. **VIAS**

REFERENCES

1. Benedeka J., Sebestyéna T., Bartóka B. Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewable energy-based rural development//Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, Vol.90,pp.516 – 535, doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.020.
2. Furlan C., Montarino C. Forecasting the impact of renewable energies in competition with non-renewable sources// Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, Vol. 81, Part 2,pp. 1879 – 1886, doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.284.
3. Yin S., Wang J., Li Z, Fang X. State-of-the-art short-term electricity market operation with solar generation:// Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021, Vol. 138, 110647, doi.org/10.1016/j.rser.2020.110647.
4. Soltani M., Kashkooli F. V., Souri V., Rafiei .B, Jabarifar M, Gharali K., Nathwani J. S. Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems// Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021, Vol. 140, 110750, doi.org/10.1016/j.rser.2021.110750.
5. Renewables 2020. Global status report P. 35. URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report> (data obrashcheniya: 21.01.2021).
6. Fortov V. E., Popel' O. S. *Vozobnovlyaemye istochniki energii v Rossii. Vozobnovlyaemaya energetika: problemy i perspektivy* [Renewable energy sources in Russia. Renewable energy: problems and prospects]. Materialy II Mezhdunarodnoj konferencii. 27 – 30 sentyabrya 2010 g. Pod red. d.t.n. A. B. Alhasova Mahachkala: IP Ovchinnikov (ALEF), 2010. pp. 4 – 23. [In Russ]
7. Kapitonov I. A. Prospects for the development of the global and domestic market for alternative energy. *Vestnik ekonomicheskoy integracii*. 2011. no. 2. pp. 154 – 161. [In Russ]
8. Ermolenko B., Ermolenko G., Gordeev I., Bogorodickaya N. Renewable energy and sustainable development of the economy. *Energeticheskij vestnik*. 2012. no. 13. pp. 57 – 101. [In Russ]
9. Bezrukih P. P., Arbuzov Yu. D., Borisov G. A., Vissarionov V. I., Evdokimov V. M., Malinin N. K., Ogorodov N. V., Puzakov N. V., Sidorenko G. I. i Shpak A. A. *Resursy i effektivnost' ispol'zovaniya vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Rossii* [Resources and efficiency of using renewable energy sources in Russia]. Saint Petersburg: Nauka, 2002. 314 p. [In Russ]
10. *Spravochnik po resursam vozobnovlyaemyh istochnikov energii Rossii i mestnym vidam topliva* [Directory of Russian renewable energy resources and local fuels]. Moscow: «IAC Energiya», 2007. 272 p. [In Russ]
11. *Atlas resursov vozobnovlyaemoy energii na territorii Rossii* [Atlas of renewable energy resources in Russia]: nauch. izdanie. T. I. Andreenko, T. S. Gabderahmanova, O. V. Danilova i dr. RHTU im. D. I. Mendeleeva Moscow, 2015. 160 p. [In Russ]
12. *Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii 2019* [Forecast for the development of energy in the world and Russia 2019]. pod red. A. A. Makarova, T. A. Mitrovoj, V. A. Kulagina; INEI RAN Moskovskaya shkola upravleniya SKOLKOVO Moskva, 2019. 210 p. [In Russ]
13. Alhasov A. B., Badavov G. B., Belan S. I., Ninalalov S. A. *O realizacii Respublikanskoj celevoj programmy «Ispol'zovanie vozobnovlyaemyh istochnikov energii v Respublike Dagestan»* [About the implementation of the Republican target program “Use of renewable energy sources in the Republic of Dagestan”]. Rossiya: tendencii i perspektivy razvitiya. Ezhegodnik. Vyp. 11. RAN. INION. Otd. nauch. sotrudnichestva; otv. red. V. N. Gerasimov, D. E. Efremenko. Moscow, 2016. Ch.1. pp. 659 – 662. [In Russ]
14. Belan S. I., Badavov G. B., Gusejnov N. M. *Perspektivy osvoeniya vozobnovlyaemyh istochnikov energii v energodeficitnyh regionah Yuga Rossii* [Prospects for the development of renewable energy sources in the energy-deficient regions of the South of Russia]. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya potentsiala vozobnovlyaemyh istochnikov energii v regione: Materialy kruglogo stola. (14 maya 2015 g.) Mahachkala, ISEI DNC RAN, 2015. pp. 4 – 18. [In Russ]

15. *Gosudarstvennyj balans zapasov poleznyh iskopaemyh Rossijskoj Federacii* [State balance of mineral reserves of the Russian Federation. Thermal power water]. Teploenergeticheskie vody. Moscow: FGUNPP «Rosgeolfond», 2012. 68 p. [In Russ]
16. Alhasov A. B., Badavov G. B., Belan S. I., Ninalalov S. A. Issues of the republican target program “Use of renewable energy sources in the Republic of Dagestan”. *Regional'nye problemy preobrazovaniya ekonomiki*. 2015. no. 9 (59). pp. 36–42. [In Russ]
17. Omarov M. A., Sarkarov R. A., Belan S. I., Gusejnov N. M. Prospects for the development of renewable energy sources in Russia. *Gazovaya promyshlennost'*. 2011. no.10 pp. 58–59. [In Russ]
18. Alhasov A. B., Butuzov V. A., Aliev R. M., Badavov G. B. *Sovremennoe sostoyanie issledovaniy i ekspluatatsii sistem geotermal'nogo teplosnabzheniya v Dagestane* [The current state of research and operation of geothermal heat supply systems in Dagestan]. *Materialy VI Mezhdunarodnoj konferencii «Vozobnovlyаемая энергетика: problemy i perspektivy» i XII shkoly molodyh uchenyh «Aktual'nye problemy osvoeniya vozobnovlyаемых energoresursov» imeni E. E. Shpil'rajna*. Mahachkala, Izd-vo «ALEF». 2020. pp. 67–80. [In Russ]
19. Butuzov V. A., Alhasov A. B., Aliev R. M., Badavov G. B. Geothermal heat supply of Dagestan. *Energoberezhenie i vodopodgotovka*. 2020. no. 4 (126). pp. 30–41. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Белан Сергей Иванович — канд. экон. наук, ведущий научный сотрудник Махачкалинского отдела, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», sbelan@bk.ru;

Бадавов Гасан Басирович — старший научный сотрудник, Институт проблем геотермии и возобновляемой энергетики — филиал Объединенного института высоких температур РАН;

Гусейнов Низами Минхажудинович — канд. экон. наук, заместитель начальника Махачкалинского отдела, ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Belan S. I., Cand. Sci. (Economy), associate professor, leading researche of the Makhachkala Department, ООО “Gazprom VNIIGAZ”, sbelan@gsg.spb.ru;

Badavov G. B., Senior Researcher, Institute of Geothermal and Renewable Energy Problems — Branch of the Joint Institute for High Temperatures of RAS;

Guseynov N. M., Cand. Sci. (Economy), ООО “Gazprom VNIIGAZ”, Deputy head of the Makhachkala Department.

Получена редакцией 14.12.2020; получена после рецензии 05.02.2021; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 14.12.2020; received after the review 05.02.2021; accepted for printing 10.02.2021.

