

В.В. Бессель, профессор, исполнительный вице-президент, ООО «Нью Тек Сервисез»;
А.А. Беляев, аспирант; **А.М. Зверев**, выпускник, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МАГИСТРАЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ ГАЗА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Россия является великой энергетической державой, занимая 3-е место в мире по добыче топлива и выработке энергии. Однако в силу ряда обстоятельств Россия также занимает 3-е место в мире и по энергопотреблению. Внутри страны одним из крупнейших потребителей топлива и энергии является газотранспортная система ГТС ОАО «Газпром». Ежегодно по ГТС перекачивается около 700 млрд м³ газа, причем порядка 10% от объема прокачиваемого газа расходуется на цели транспорта газа. Авторы предлагают использование альтернативных возобновляемых (ветряных и солнечных) источников энергии для генерации энергии для технологических нужд КС и приводят результаты экономико-математического моделирования, показывающие, что применение современных технологий возобновляемой энергетики на практике позволит компенсировать часть энергопотребления КС, что, в свою очередь, позволит сэкономить существенные объемы товарного газа для последующей его реализации.

Ключевые слова: энергопотребление, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, газотранспортная система (ГТС) ОАО «Газпром», компрессорная станция (КС), электростанция собственных нужд (ЭСН), ветроэнергетика, ветроэнергетические установки (ВЭУ), солнечная энергетика, PV-панели.

Россия является одной из ведущих энергетических держав мира, устойчиво удерживая 3-е место в мире по производству энергии (табл. 1) [1].

По уровню энергопотребления Россия также находится на 3-м месте в мире, отставая также только от Китая и США. Баланс энергопотребления приведен в таблице 2 [1].

Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в России, представленная академиком РАН О.Н. Фаворским в виде схемы, отображена на рисунке 1 [2]: Эта структура (млн т. у. т.) практически полностью соответствует данным, приведенным в таблицах 1 и 2 (млн т. у. н. т.). Из рисунка 1 следует, что основная часть топлива, добываемого в России и не отправ-

ляемого на экспорт, используется для выработки электроэнергии и тепла (до 68%) и только треть идет в промышленность и транспорт. Многими экспертам, в частности компанией British Petroleum, энергоэффективность экономики оценивается показателем затрат энергии на выработку единицы ВВП (с учетом паритета покупательной стоимости – ППС). Мы также

Таблица 1. Совокупная выработка энергии странами-лидерами в 2012 г.

Вид топлива, энергии	Китай	США	Россия
	Добыча, млн т. у. н. т.		
Нефть	207,5	394,9	526,2
Природный газ	96,5	619,2	533,0
Уголь	1825,0	515,9	168,1
Атомная энергетика	22,0	183,2	40,3
Гидроэнергетика	194,8	63,2	37,8
ВИЭ	31,9	50,7	0,1
ВСЕГО	2377,7	1827,1	1305,5

Таблица 2. Баланс энергопотребления ведущими энергетическими державами в 2012 г.

Вид топлива, энергии	Китай	США	Россия
	Потребление, млн т. у. н. т.		
Нефть	483,7	819,9	147,5
Природный газ	129,5	654,0	374,6
Уголь	1873,3	437,8	93,9
Атомная энергетика	22,0	183,2	40,3
Гидроэнергетика	194,8	63,2	37,8
ВИЭ	31,9	50,7	0,1
ВСЕГО	2735,2	2208,8	694,2

Таблица 3. Данные по ВВП [9] и энергопотреблению [1] стран G20 за 2012 г.

Страна	ВВП с учетом ППС, млрд долл. США	Общее энергопотребление, млн т. у. н. т	Энергопотребление на единицу ВВП, т. у. н. т/тыс. долл. США	ВИЭ, млн т. у. н. т	Доля возобновляемой энергии в общем энергопотреблении, %
Австралия	1008,55	125,7	0,12	2,8	2,228
Аргентина	474,86	82,1	0,17	0,6	0,731
Бразилия	2365,78	274,7	0,12	11,2	4,077
Великобритания	2264,75	203,6	0,09	8,4	4,126
Германия	3307,87	311,7	0,09	2,6	0,834
Индия	4793,41	563,5	0,12	10,9	1,934
Индонезия	1223,49	159,4	0,13	2,2	1,380
Италия	1980,57	162,5	0,08	10,9	6,708
Канада	1489,20	328,8	0,22	4,3	1,308
Китай	12 470,98	2735,2	0,22	31,9	1,166
Мексика	2015,28	187,7	0,09	2,0	1,066
Россия	3380,07	694,2	0,21	0,1	0,014
Саудовская Аравия	682,15	222,2	0,33	0,0	0,000
США	15 684,80	2208,8	0,14	50,7	2,295
Турция	1306,16	119,2	0,09	1,6	1,342
Франция	2354,87	245,4	0,10	5,4	2,200
ЮАР	585,63	123,8	0,21	0,1	0,081
Республика Корея	1536,21	271,1	0,18	0,8	0,295
Япония	4490,68	478,2	0,11	8,2	1,715
По миру	71 666,40	12 476,60	0,17	237,40	1,903

решили обратиться к этим оценкам, обобщив данные по ВВП с учетом ППС за 2012 г., приведенные Всемирным банком [9], и данные по энергопотреблению ведущих экономик мира – стран «Большой двадцатки» (без консолидированного члена – Евросоюза) [1], сведя их в таблицу 3. С учетом специфики России как огромной северной страны сравнивать энергоэффективность ее экономики с такими же показателями Италии или Мексики некорректно, а вот Канада – это, пожалуй, подходящая база для сравнения. Она находится практически на таких же северных широтах, что и Россия, обладает огромной территорией (в 2 раза меньше, чем у России), населением, почти в 4 раза меньшим, чем в России. Так что опыт канадских энергетиков был бы для нас весьма полезным. На рисунке 2 приведены данные по энергоэффективности экономик стран G20, из которых следует, что экономики Канады и России имеют практически одинаковые показатели энергоэффективности: обе страны за-

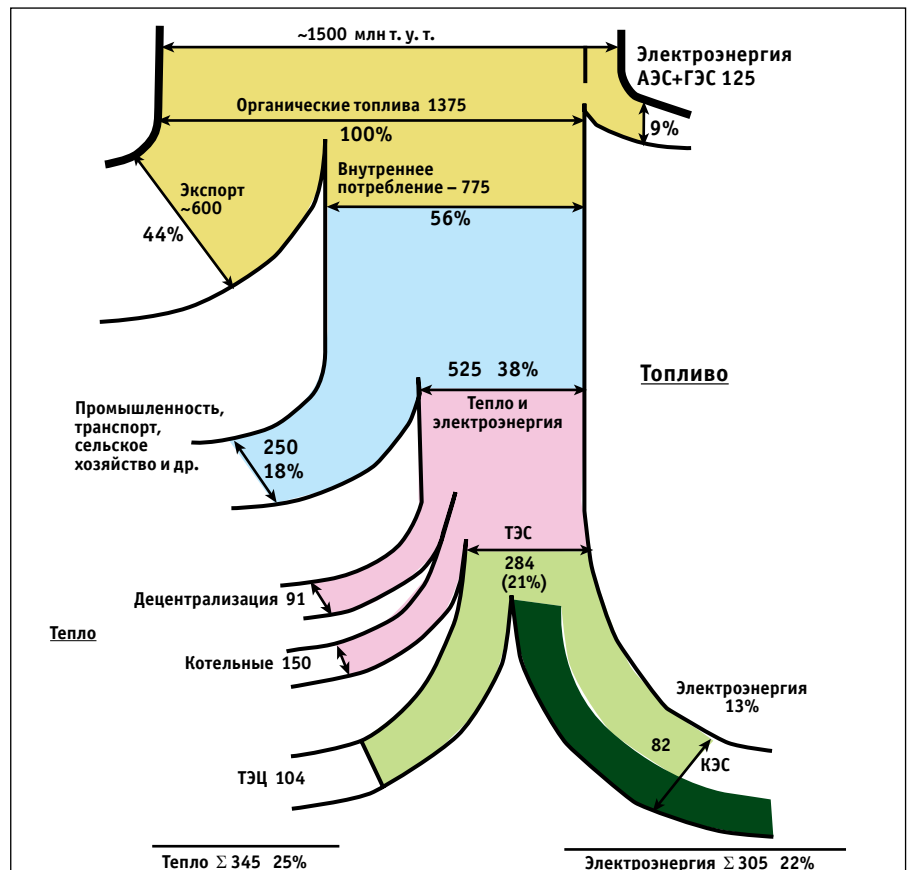


Рис. 1. Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в России

Таблица 4. Ресурсы ВИЭ в мире и России [3]

Вид энергии	Теоретические ресурсы, млн т. у. т.		Технические ресурсы, млн т. у. т.	
	1	2	3	4
Энергия солнца	$1,3 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^6$	$5,3 \cdot 10^4$	$2,3 \cdot 10^3$
Энергия ветра	$2,0 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^3$
Геотермальная энергия (до глубины 10 км)	$4,8 \cdot 10^9$	–	$1,7 \cdot 10^5$	$1,0 \cdot 10^2$
Энергия Мирового океана	$2,5 \cdot 10^5$	–	–	–
Энергия биомассы	$9,9 \cdot 10^4$	10^4	$9,5 \cdot 10^3$	53
Гидроэнергия	$5,0 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^2$

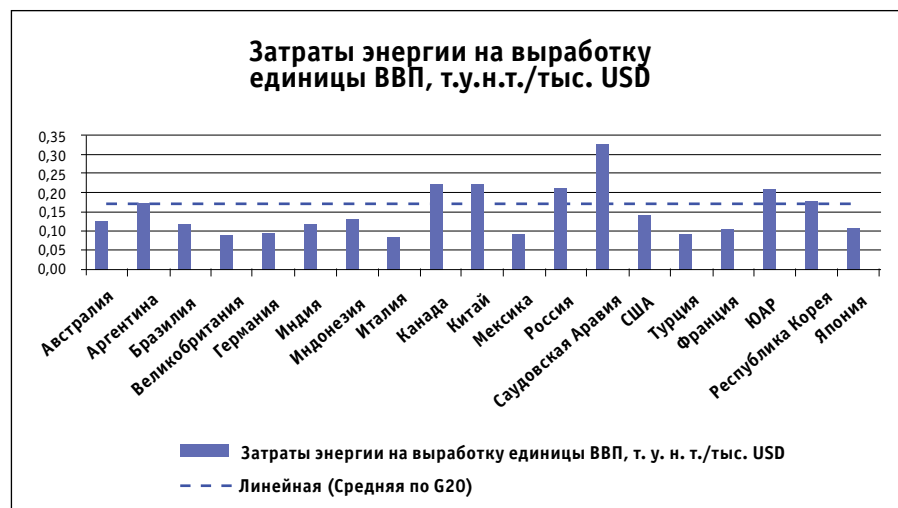


Рис. 2. Затраты энергии на выработку единицы ВВП в 2012 г. странами G20

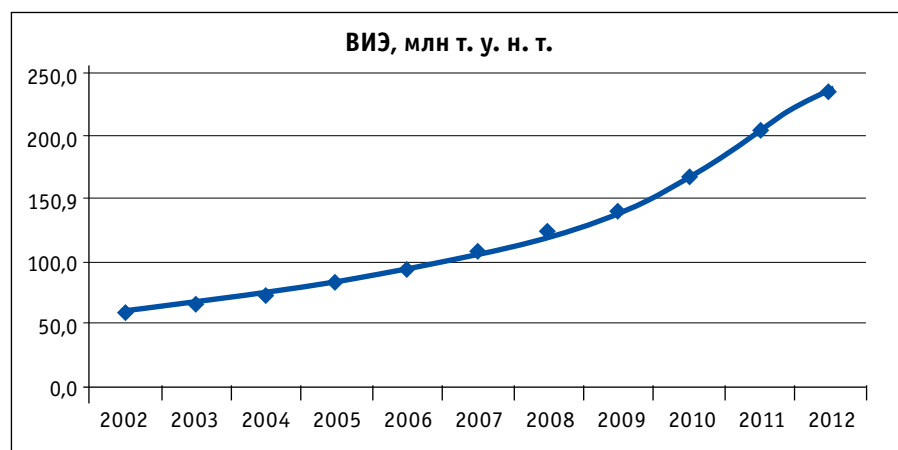


Рис. 3. Динамика ВИЭ в мире

трачивают чуть более 200 кг условного нефтяного топлива на производство 1000 долл. ВВП, из чего можно сделать вывод, что в России на практике реализуются программы энергосбережения во всех отраслях, по крайней мере отставания от сопоставимой по территории и климатическим условиям Канады нет. Однако успокаиваться на достигнутом не следует. Условно можно выделить

два основных пути повышения энергоэффективности экономики страны:

- внедрение программы энергосбережения за счет применения современных энергосберегающих технологий и техники, тарифной и налоговой политики государства и т.д.;
- применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), особенно в децентрализованных системах энергоснабжения.

К возобновляемым источникам энергии относят энергию солнечного излучения, ветра, потоков воды (за исключением традиционной гидроэнергетики), биомассы, тепловую энергию верхних слоев земной коры и океана (данные, приведенные в таблице 3, биотопливо не включают). ВИЭ можно классифицировать по видам энергии [3]:

- механическая энергия (энергия ветра и потоков воды);
- тепловая и лучистая энергия (энергия солнечного излучения и тепла Земли);
- химическая энергия (энергия, заключенная в биомассе).

Ресурсы ВИЭ в мире и России огромны, по крайней мере, по оценкам экспертов [3, 4, 5], они во много раз превосходят самые оптимистические оценки традиционного углеводородного топлива [1], что делает перспективу их применения весьма привлекательной. К основным недостаткам ВИЭ следует отнести их низкую энергетическую плотность и нестабильность [3]. Целесообразность и масштабы использования возобновляемых источников энергии определяются в первую очередь их экономической эффективностью и конкурентоспособностью с традиционными энергетическими технологиями [3]. Основными преимуществами ВИЭ по сравнению с энергосистемами на органическом топливе являются практическая неисчерпаемость ресурсов, повсеместное распространение многих из них, отсутствие топливных затрат и выбросов вредных веществ в окружающую среду [4]. ВИЭ, как правило, более капиталоемкие [5], их доля в общем энергопроизводстве пока невелика и в 2012 г. составляла только 1,9% от мирового энергопотребления, однако выработка энергии с использованием ВИЭ в мире за последние 10 лет увеличилась в 3,9 раза [1], как это показано на рисунке 3.

Это в 3 раза выше, чем динамика мирового энергопотребления, рост которого за последние 10 лет составил 1,3 раза [1]. На рисунке 4 показана доля ВИЭ в общем энергобалансе стран G20. Как видим, самой высокой долей альтернативной энергетики обладают такие страны, как Италия, Бразилия и Великобритания.

Российский разработчик и производитель противокоррозионных защитных лакокрасочных материалов марки АКРУС®, специального и промышленного назначения.



МЫ ПРОИЗВОДИМ ТОЛЬКО ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Это позволяет нам концентрироваться на особенностях их изготовления и потребления.



ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Нефтехимическая индустрия
- Нефтегазодобывающая промышленность
- Судостроение
- Машиностроение
- Мостостроение
- Гражданское строительство



**117420, г. Москва,
ул. Намёткина, д. 10Б**
Тел./факс: +7 (495) 363-56-69
info@akrus-akz.ru
www.akrus-akz.ru
www.akrus.prf

Таблица 4. Распределение газа, транспортированного по ГТС «Газпрома» на территории России, млрд м³

Структура распределения	Год		
	2010	2011	2012
Поставка внутри России	354,9	365,6	362,3
• в т.ч. центральноазиатский газ	0,1	0,1	0,04
Поставка за пределы России	209,3	217,7	209,3
• в т.ч.: центральноазиатский газ	35,2	31,8	31,6
• азербайджанский газ	0,8	1,5	1,6
Закачка газа в ПХГ России	47,7	48,2	44,1
Собственные технологические нужды ГТС и ПХГ	43,6	45,8	40,9
Увеличение запаса газа в ГТС	5,7	5,9	9,6
Всего	661,2	683,2	666,2



Рис. 4. Доля ВИЭ в балансе энергопотребления стран G20

Сравнивая эти же показатели в России (0,014%) и Канаде (1,31%), видим, что у нас намечилось серьезное отставание в работах, связанных с использованием альтернативной энергетики. Об этом же свидетельствуют и динамика абсолютных цифр за последние 10 лет: если в Канаде выработка энергии из ВИЭ выросла с 2,3 до 4,3 млн т.у.н.т. (почти в 2 раза), то у нас этот показатель не рос вообще [1]! Одной из самых энергозатратных отраслей экономики является нефтегазовая отрасль, которая в силу особенностей технологической цепочки – ГРП, добыча и промысловая подготовка к транспорту (upstream) – транспорт (midstream) – переработки (downstream) нефтегазового сырья – потребляет колоссальное коли-

чество энергии. В качестве объекта исследования авторами был выбран один из наиболее энергозатратных объектов – газотранспортная система (ГТС) ОАО «Газпром». Система магистральных газопроводов обеспечивает высокую надежность и бесперебойность поставок газа потребителям за счет конструктивной надежности, заложенной при проектировании, использования многониточных участков трубопроводов большого диаметра (1420, 1220 и 1020 мм), эксплуатируемых в едином технологическом режиме, наличия межсистемных переемычек, резервных мощностей ГПА, своевременного проведения работ по реконструкции и капитальному ремонту, а также использования подземных хранилищ

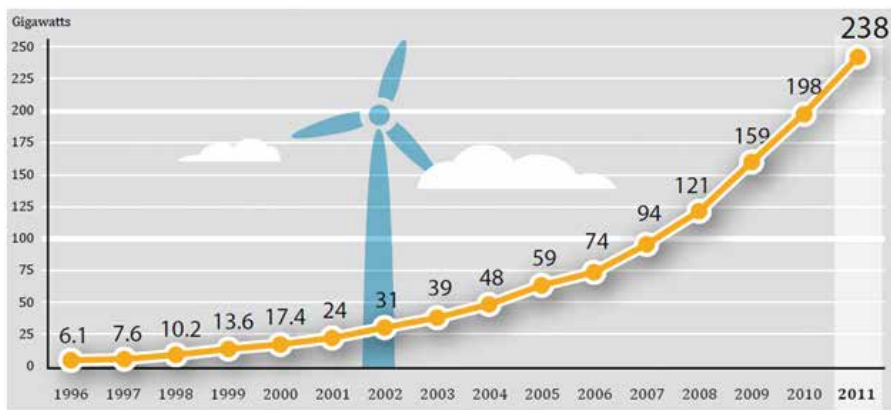


Рис. 5. Динамика установленной мощности в ГВт ВЭС в мире за период 1996–2011 гг.

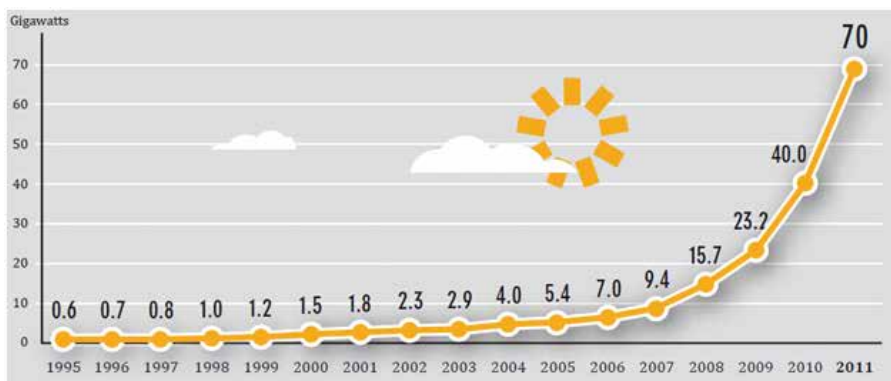


Рис. 6. Динамика установленной мощности в ГВт ФЭС в мире за период 1996–2011 гг.

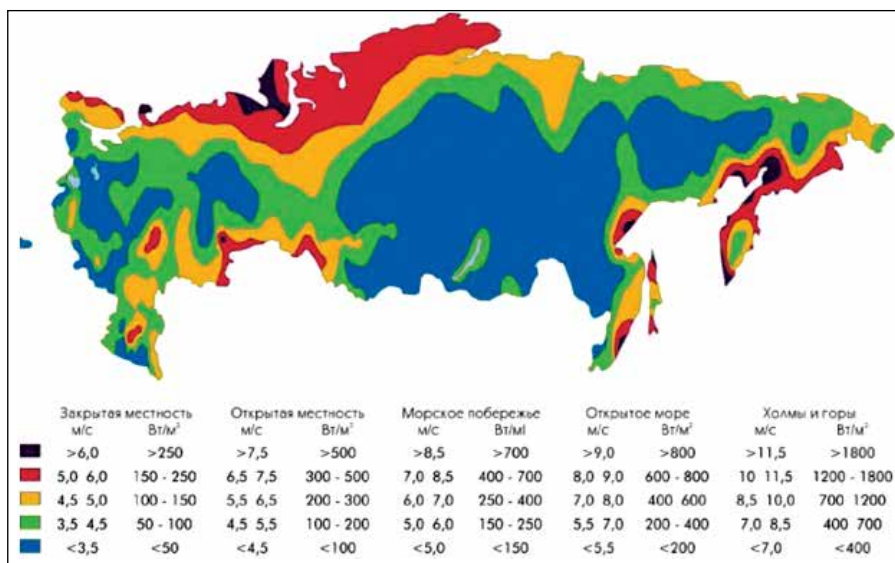


Рис. 7. Ветровые ресурсы России

газа ПХГ. Протяженность магистральных газопроводов и отводов, находящихся в собственности ОАО «Газпром» и его газотранспортных дочерних обществ на территории России, по состоянию на конец 2012 г. составила 168,3 тыс. км. Объекты ГТС включают 222 линейных компрессорных станции (КС), на которых установлено 3738 ГПА общей мощностью 43,87 тыс. МВт, динамика распределения

газа в 2010–2012 гг. показана в таблице 4 [6]. Кроме того, на 127 разрабатываемых газовых и газоконденсатных месторождениях компримируют газ еще 49 дожимных компрессорных станций (ДКС) установленной мощностью 5 тыс. МВт [6].

Как видно из таблицы 4, в 2012 г. произошло снижение потребления газа на собственные технологические нужды

ГТС и ПХГ, однако произошло это отчасти не только за счет внедрения энергосберегающих технологий, чем активно и планомерно занимается ОАО «Газпром», но и за счет снижения объемов закачки газа в ПХГ. Тем не менее ежегодное потребление товарного газа на собственные нужды ГТС [7] сопоставимо с годовым объемом добычи таких стран, как Великобритания (41 млрд м³), Нигерия (43,2 млрд м³), Индия (40,2 млрд м³), Пакистан (41,5 млрд м³) [1]. Поэтому экономия каждого процента газа, используемого на собственные технологические нужды, равнозначна дополнительной поставке покупателям 400 млн м³ газа в год, что даже в ценах российского рынка для коммунально-бытовых услуг 4,37 руб./1 м³ газа принесет дополнительную выручку компании в 1,75 млрд руб. в год.

С целью экономии товарного газа, используемого на собственные технологические нужды ГТС, авторами моделировались варианты применения двух видов возобновляемой энергии – ветроэнергетики, как доминирующей в мире по установленной мощности электроэнергетических установок [8] (рис. 5), и фотовольтаики, как вида энергии, имеющего практически неограниченные ресурсы [3] и наибольшую динамику развития [8] (рис. 6).

В качестве объекта энергопотребления в обоих случаях рассматривалась электростанция собственных нужд (ЭСН) компрессорной станции, мощность которых достигает 7–15% установленной мощности ГПА КС.

ВЕТРОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Возможность использования ветроэнергетики как источника питания подразумевает соответствующие природные условия в регионе размещения установок. Естественно, самые очевидные зоны для их монтажа – это прибрежные зоны, холмы, возвышенности и даже горы небольшой высоты, где мощность ветрового потока наибольшая (максимальное количество дней в году). Так как существует ряд технологических ограничений для работы ветрогенератора, для постоянного и эффективного функционирования данной установки требуются соблюдение нескольких

условий. Важнейшее из них – определенные границы скоростей ветра (как правило, данное значение должно находиться в интервале от 3 до 25 м/с), а также постоянство доступности ветряной энергии ветрового потока, так как ветроустановке необходимы перманентные условия для функционирования. Данные условия имеют существенно большее значение для генерации энергии, нежели редкие, но более мощные ветра, наличествующие в том или ином регионе. Распределение ветровых энергетических ресурсов России в Вт/м³ [10] показано на рисунке 7.

Анализ показывает, что около 30% экономического потенциала ветроэнергетики сконцентрировано на Дальнем Востоке, около 16% – в Западной Сибири и еще 16% – в Восточной Сибири. Центр «Эко-Согласие» полагает, что 37% совокупного потенциала расположено в Европейской части России, а 63% – в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, являющихся приоритетными регионами развития для ОАО «Газпром» на долгосрочную перспективу. Государственная политика по формированию газовой промышленности на Востоке России определена в «Программе создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР», которая одобрена Правительством РФ 15.06.2007 (утверждена Приказом Минпромэнерго № 340 от 03.09.2007). ОАО «Газпром» назначено координатором деятельности по реализации программы. Для достижения поставленных целей в программе определена очередность разработки газовых ресурсов региона. Промышленная добыча газа в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке начинается на наиболее подготовленных к эксплуатации месторождениях шельфа о. Сахалин (проекты «Сахалин-1» и «Сахалин-2»). На рисунке 8 схематично указано расположение основных технологических объектов проекта «Сахалин-2» [11]. В рамках проекта «Сахалин-2» предусмотрено поэтапное освоение Пильтун-Астохского нефтяного и Лунского газового месторождений. Оба место-

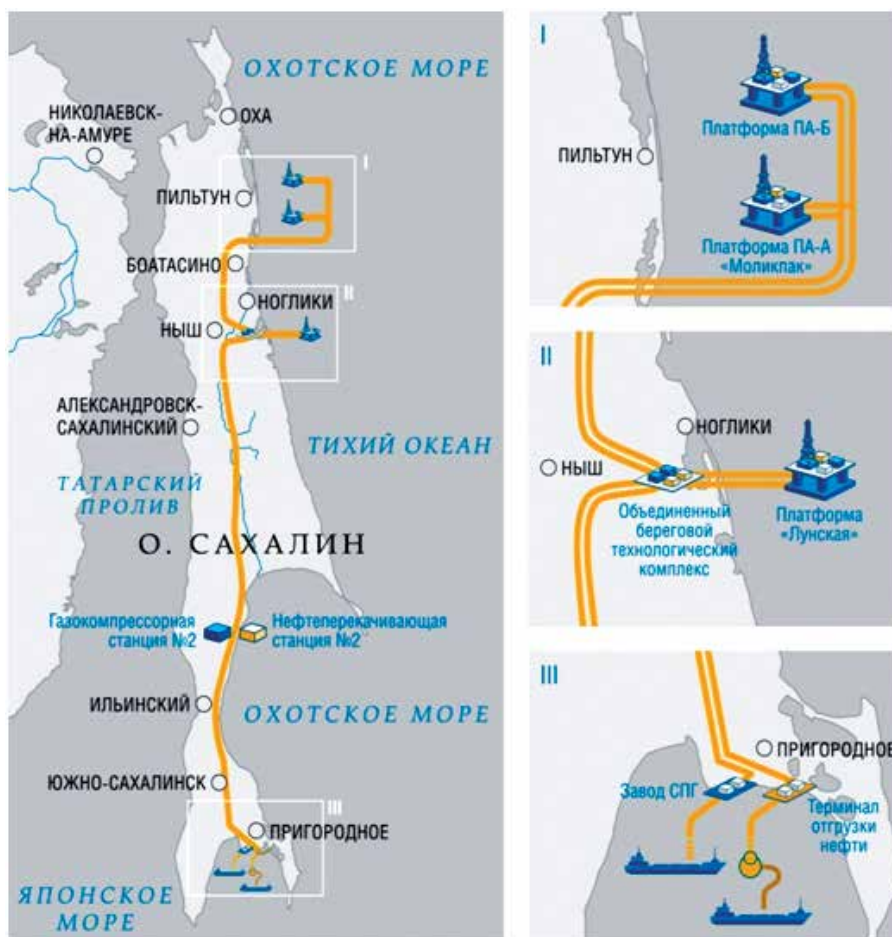


Рис. 8. Технологические объекты проекта «Сахалин-2»

Таблица 5. Распределение потребления энергии по каждому объекту КС

Объекты потребления энергии	Потребляемая мощность, кВт	Удельный вес, %
Электрообогрев	2400	40
АВО газа	2100	35
Промбазы	1050	17,5
Канализационные и очистные сооружения	230	3,83
АВО масла	100	1,67
Водозаборные сооружения	70	1,17
Электроосвещение	50	0,83
Всего	6000	100

рождения расположены в 13–16 км от северо-восточного побережья о. Сахалин. Суммарные извлекаемые запасы углеводородов по проекту «Сахалин-2» составляют свыше 600 млрд м³ газа и 180 млн т нефти и конденсата. Уникальность проекта «Сахалин-2» заключается в следующем:

- первый проект, реализуемый в России на условиях соглашения о разделе продукции. Первое соглашение о разделе продукции, подписанное в России;
- первые стационарные ледостойкие морские нефтегазодобывающие платформы, установленные в России;

Таблица 6. Количество ВЭУ, необходимых для 100%-ной компенсации генерации энергии ЭСН КС

Вариант размещения ВЭУ	На сопках	В прибрежной зоне
Горизонтально-осевые NORDEX N-80	4–6	7–14
Вертикально-осевые WESTA	21–35	41–86

Таблица 7. Расчетные показатели инвестиционной привлекательности проекта ВЭУ

Показатели инвестиционной привлекательности	Размещение на сопках		Размещение в прибрежной зоне	
	NORDEX N-80	WESTA	NORDEX N-80	WESTA
Первоначальные инвестиции, млн руб.	456,6	570,5	1121,4	1462
Эксплуатационные затраты первого года, млн руб.	47,53	58,99	114,01	148,07
NPV, млн руб.	575,66	377,46	577,67	316,7
Дисконтированный срок окупаемости проекта, лет	6	10	18	22
PI	2,26	1,66	1,52	1,22
IRR, %	29,5	20,9	11,73	7,44

- первый завод по производству сжиженного природного газа в России;
- первый выход российского газа на энергетические рынки Азиатско-Тихоокеанского региона и Северное побережье Америки.

Как следует из рисунка 7, Сахалин обладает высокими средними скоростями ветра и энергетической плотностью ветрового потока, что, несомненно, является отличным условием для работы ветроэнергетических установок.

По данным проектной документации КС «Сахалин», установленная мощность ГПА составляет 32 МВт, мощность электростанции собственных нужд (ЭСН) КС, предназначенной для энергообеспечения технологических объектов КС – 6 МВт [6]. Количество энергии, вырабатываемой ЭСН за год, составляет 189,22 ТДж. Задачей исследования было рассчитать количество ветроэнергетических установок (ВЭУ), способных заместить ЭСН КС. В результате проведенного анализа мирового рынка ВЭУ по критерию «цена – качество» были выбраны ВЭУ горизонтально-осевого типа – Nordex N-80 (Германия) и вертикально-осевого типа – WESTA (Украина). Были рассмотрены два варианта размещения ВЭУ: на близлежащих сопках, где плотность ветровой энергии выше, и в прибрежной зоне,

где она ниже. Результаты ситуационного моделирования представлены в таблице 6.

Количество ВЭУ колеблется в зависимости от месяца года, минимальное количество необходимо в осенне-зимний период, когда ветер усиливается, максимальное количество – в летний период, когда ветер затухает.

Было проведено экономическое моделирование различных ситуаций, результаты которого приведены в таблице 6. При этом в качестве исходных данных для расчетов принимались следующие:

- при размещении ВЭУ на сопках:
 - срок реализации проекта – 25 лет;
 - ставка дисконтирования – 12%;
 - ежегодные эксплуатационные расходы – 10,4% от первоначальных инвестиций;
 - ежегодный рост эксплуатационных расходов – 2%;
 - ежегодный рост тарифов на электроэнергию – 4%;
 - налог на прибыль – 20%;
- при размещении ВЭУ в прибрежной зоне:
 - срок реализации проекта – 25 лет;
 - ставка дисконтирования – 8%;
 - ежегодные эксплуатационные расходы – 10,4% от первоначальных инвестиций;

– ежегодный рост эксплуатационных расходов – 2%;

– ежегодный рост тарифов на электроэнергию – 7%;

– налог на прибыль – 20%.

Был также проведен анализ чувствительности показателей к изменению исходных параметров, который продемонстрировал, что наибольшее влияние на инвестиционную привлекательность проекта оказывают ставка дисконтирования и ежегодный рост тарифов на электроэнергию. Исходя из представленных в таблице 6 данных, следует, что для того, чтобы обеспечить прибыльность установок в прибрежной зоне, необходимо понижение ставки дисконтирования с 12% (как в России) до 6–8% (как в Европе), т.к. в противном случае окупаемость инвестиций становится больше срока гарантии в 25 лет, а ЧДД – отрицательным. Тем не менее проведенное авторами экономическое моделирование показало, что приемлемое с технической точки зрения количество ВЭУ (табл. 6) может на 100% компенсировать выработку электроэнергии на ЭСН КС и обеспечить инвестиционную привлекательность проекта внедрения ВЭУ в энергообеспечение системы транспорта газа на о. Сахалин и в любом подобном (с точки зрения плотности ветровой энергии) регионе России.

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Солнечная энергетика, основанная на преобразовании энергии солнца в электрическую на фотоэлементах, является наиболее динамично развивающейся отраслью возобновляемой энергетики в мире, средний ежегодный рост которой за последние 10 лет составил 32,1% (рис. 6). В данный момент на рынке PV-панелей обычным является показатель в 20% КПД, тогда как 5 лет назад цифры порядка 11% считались достойными показателями. Максимальный же КПД, достигнутый на реальном образце, составляет 44,6%. Повышение КПД и наращивание суммарных мощностей повышает привлекательность данной отрасли день ото дня. В России существуют огромные территории с продолжительными периодами интенсивного солнечного сияния. Если же в северных частях России использование лучистой

15-19
ИЮНЯ
2014

Москва, Россия



21-й Мировой нефтяной конгресс

РЕГИСТРАЦИЯ открыта

Вы можете зарегистрироваться
сейчас на сайте www.21wpc.com

Забронировать выставочную площадь | Спонсорство

Национальные спонсоры



Платиновые спонсоры



ExxonMobil



TOTAL



Официальное издание



Официальный партнёр



Золотые спонсоры



Серебряные спонсоры



энергии не принесет практической выгоды, то начиная примерно с широт Москвы ее практическое использование сулит некие повышающиеся с продвижением к южным границам страны выгоды. На рисунке 7 приведена карта распределения солнечной радиации по территории России.

Для ситуационного моделирования использования PV-энергетики в энергообеспечении ГТС теоретически был рассмотрен вариант установки парка солнечных панелей на КС «Русская», строящейся в районе г. Анапы (Краснодарский край). Анапа – идеальное место для установки фотоэлектрических панелей, т.к. количество солнечных дней в году колеблется в районе 300, а интенсивность солнечного излучения сопоставима с Испанией или Италией. При этом рассматривался как вариант использования стандартных плоских фотоэлементов с автоматической трехкоординатной системой слежения за Солнцем, так и предложенная авторами оригинальная конструкция пространственных неподвижных ФЭУ типа «усеченная пирамида», напоминающая пирамиду Хеопса с усеченным верхом и имеющая ряд преимуществ, в числе которых:

- простота;
 - отсутствие дорогостоящих (до 60% стоимости) систем слежения за Солнцем;
 - коэффициент использования поверхности Земли повышается на 56% (иными словами, площадь, занимаемая панелями, в 1,56 раза больше площади, на которой установлена данная конструкция);
 - площадь рабочей (освещенной) поверхности к занимаемой площади Земли составляет 137%;
 - возможность использования в сложных горных условиях и затрудненном рельефе местности для установки обычных панелей;
 - как следствие простоты – более низкая стоимость за 1 м².
- Недостатком данных конструкций является то, что они не могут быть установлены рядом друг с другом, иначе они будут создавать «мертвые» зоны друг для друга. Таким образом, установка пространственных конструкций хорошо подходит для холмистых и горных районов, где установка обычных панелей с

Таблица 8. Расчетные показатели инвестиционной привлекательности проекта ФЭУ

Показатели инвестиционной привлекательности	Регулируемые панели		Панели формы «усеченная пирамида»	
	6	12	6	12
Ставка дисконтирования, %	6	12	6	12
Инвестиции, млн руб.	837		992	
Эксплуатационные затраты первого года, млн руб.	41,85		9,92	
NPV, млн руб.	1027,53	248,02	1985,99	761,28
Дисконтированный срок окупаемости проекта, лет	10,07	14,47	7,05	8,72
PI	2,23	1,3	3	1,77



Рис. 9. Распределение солнечной радиации по территории РФ

системами слежения дорога и сложна, равно как и ее обслуживание. При этом дорогостоящая земля Краснодарского края, пригодная для сельского хозяйства или строительства, не изымается из оборота.

Были приняты следующие исходные данные для расчетов:

- при размещении плоских ФЭУ с системой слежения за Солнцем:
 - срок реализации проекта – 25 лет;
 - КПД панелей – 22%;
 - занимаемая площадь – 10 га;
 - ставка дисконтирования – 6 или 12%;
 - ежегодные эксплуатационные расходы – 5% от первоначальных инвестиций;
 - ежегодный рост эксплуатационных расходов – 2%;
 - ежегодный рост тарифов на электроэнергию – 4%;
 - налог на прибыль – 20%;
- при размещении пространственных ФЭУ формы «усеченная пирамида»:

- срок реализации проекта – 25 лет;
 - КПД панелей – 22%;
 - занимаемая площадь – 10 га;
 - ставка дисконтирования – 6 или 12%;
 - ежегодные эксплуатационные расходы – 5% от первоначальных инвестиций;
 - ежегодный рост эксплуатационных расходов – 2%;
 - ежегодный рост тарифов на электроэнергию – 4%;
 - налог на прибыль – 20%.
- Количество получаемой энергии с фотоэлектрических панелей с КПД=22%, расположенных на территории 10 га, будет равно 130,1 ТДж в год для управляемых по двум осям панелям с учетом суточных и сезонных (в течение года) изменений угла падения солнечного света на поверхность. Для сравнения: ЭСН мощностью 6 МВт вырабатывает за год энергию в количестве 189,22 ТДж. То есть усредненная мощность парка солнечных установок соответствует мощности ЭСН в 4,18 МВт,

а во время пиковой энерговыработки может покрывать до половины и более потребностей ЭСН КС «Русская», мощность которой существенно превосходит мощность ЭСН КС «Сахалин». При данных условиях использование фотоэлектрических панелей позволит добиться существенного снижения потребления газа для технологических нужд (до 45%). Данные экономического моделирования инвестиционной привлекательности проекта сведены в таблицу 8.

Для варианта плоских регулируемых ФЭУ при ставке дисконтирования 12% проект окупается за 14,47 лет работы, NPV будет составлять 248,02 млн руб., а индекс прибыльности составит 1,3. Для значительно более простых пространных ФЭУ при ставке дисконтирования на европейском уровне 6% срок окупаемости будет составлять чуть более 7 лет, NPV превышает 1 985 млн руб., а индекс прибыльности будет равен 3. Однако такие результаты экономической эффективности возможны только в регионах с высокой интенсивностью солнечной радиации. Вопрос использования солнечных фотоэлектрических элементов в средней полосе России, где сосредоточено большинство объектов ГТС, нуждается в дополнительных исследованиях, и эффективность их применения при существующем в настоящий момент КПД

должна определяться в каждом конкретном случае исходя из многих факторов. Проведенный анализ чувствительности показал, что, как и в случае с ветроэнергетическими установками, ставка дисконтирования и ежегодный рост тарифов на электроэнергию является наиболее весомым фактором инвестиционной привлекательности проекта применения ФЭУ.

Из вышесказанного следует, что снижение ставки дисконтирования до европейского уровня в 3–5% годовых и возможность привлечения энергетическими компаниями кредитного финансирования на длительный период – до 10–15 лет может придать позитивный импульс развитию проектов выработки энергии с использованием ВИЭ и внедрению ветроэнергетических и солнечных фотоэлектрических технологий на объектах магистрального транспорта газа с целью снижения затрат товарного газа на собственные технологические нужды ГТС и ПХГ.

Применение инновационных технологий с использованием ВИЭ на объектах магистрального транспорта газа придаст импульс развитию высокотехнологичного производства в России, создаст новые рабочие места, будет стимулировать подготовку высококвалифицированных специалистов в данной отрасли. Помимо этого, возрастет инвестиционная и ре-

путационная привлекательность российских компаний для зарубежных партнеров и инвесторов, широко использующих потенциал ВИЭ для решения проблем энергообеспечения промышленности и населения своих стран.

ЛИТЕРАТУРА:

1. BP statistical review of world energy. June, 2013.
2. Лавров Н.П. Лекция в РХТУ им. Д.И. Менделеева (кафедра проблем устойчивого развития). – 2011.
3. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.
4. Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. – М.: WWF России, 2010. – 88 с.
5. Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
6. ОАО «Газпром». Годовой отчет 2012. – 196 с.
7. ОАО «Газпром». «Газпром» в цифрах 2008–2012, справочник. – 76 с.
8. Renewables Global Status Report, 2012. Paris: REN21 Secretariat.
9. The World Bank: World Development Indicators, 2013. Gross Domestic Product 2012, PPP.
10. Дураева Е.А. Возобновляемая энергия в России. – М.: Международное энергетическое агентство, 2004. – 120 с.
11. Сахалин Энерджи Инвестмент Компани лтд. Проект «Сахалин-2». – 2005.

Energy sector

V.V. Bessel, professor, executive vice-president, New Tech Services LLC; A.A. Belyaev, associate professor; A.M. Zverev, graduate, Gubkin Russian State University of Oil and Gas

Energy saving in main pipeline gas transportation through renewable energy resources

Russia is a great energy state, which takes the 3rd place in the world in fuel production and generation of electricity. However, in view of certain circumstances, Russia also takes the 3rd place in the world in power consumption. Gas transport system GTS of Gazprom JSC is one of the largest fuel and power consumers in the country. Each year GTS transports about 700 billion m3 of gas, and about 10% of the pumped gas is spent on the purposes of gas transportation. The authors propose to use alternative renewable (wind and solar) energy sources for energy generation for process needs of CSs, and provide the results of economic and mathematical modeling, which show that application of modern technologies of renewable energy shall practically allow compensating a part of CS power consumption, that, in turn, will allow saving considerable amount of commercial gas for its further sale.

Key words: power consumption, energy efficiency, renewable energy resources, gas transport system (GTS) of JSC Gazprom, compressor station (CS), captive power plant (CPP), wind-power engineering, wind-driven power plants (WDPP), solar power engineering, PV panels.

References:

1. BP statistical review of world energy. June, 2013.
2. Laverov N.P. Lektsiya v RHTU im. M.D. Mendeleeva (Lecture in Mendeleev University of Chemical Technology of Russia) (Department for Problems of Sustainable Development). – 2011.
3. Lukutin B.V., Surzhikova O.A., Shandarova E.B. Vozobnovlyаемая энергетика v detsentralizovannom elektrosnabzhenii (Renewable Energy in Decentralized Energy Supply). – М.: Energoatomizdat, 2008. – P. 231.
4. Shkradyuk I.E. Tendentsii razvitiya voboznovlyaemykh istochnikov energii v Rossii i mire (Tendencies in Development of Renewable Energy Sources in Russia and the World). – М.: WWF Russia, 2010. – P. 88.
5. Gorodov R.V., Gubin V.E., Matveev A.S. Netraditsionnye i voboznovlyaemye istochniki energii (Nontraditional and Renewable Energy Sources). – Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2009. – P. 294.
6. JSC Gazprom. Annual Report 2012. – P. 196.
7. JSC Gazprom. Gazprom in Numbers 2008–2012, Reference Book. – P. 76.
8. Renewables Global Status Report, 2012. Paris: REN21 Secretariat.
9. The World Bank: World Development Indicators, 2013. Gross Domestic Product 2012, PPP.
10. Durayeva E.A. Voboznovlyaemaya energiya v Rossii (Renewable Energy in Russia). – М.: International Energy Agency, 2004. – P. 120.
11. Sakhalin Energy Investment Company Ltd. Sakhalin-2 Project. – 2005.