

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА НА ПРИМЕРЕ ЭКСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ

В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2030 года» и Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» одним из стратегических ориентиров долгосрочной государственной энергетической политики России является повышение энергетической эффективности экономического комплекса страны на основе внедрения экологически чистых и ресурсосберегающих технологий и реализации инновационных высокоэффективных энергосберегающих проектов.

Приоритетным направлением в деятельности ПАО «Газпром» является повышение эффективности использования энергоресурсов (природного газа, электрической и тепловой энергии) во всех видах деятельности – добыче газа, конденсата и нефти, транспортировке и подземном хранении природного газа, переработке углеводородного сырья, распределении газа потребителям.

Целевая направленность на реализацию в компании инновационных высокоэффективных энергосберегающих технологий существовала всегда. Следует упомянуть Приказ ОАО «Газпром» от 9 октября 2000 г. №77 «Об организации работ по энергосбережению в ОАО «Газпром», затем «Концепцию энергосбережения ОАО «Газпром» на период 2001-2010 гг.». Современное развитие Компании отражено в «Концепции энергосбережения и повышения энергетической эффективности в ОАО «Газпром» на период 2011-2020 гг.».

В соответствии с «Концепцией энергосбережения и повышения энергетической эффективности в ОАО «Газпром» на период 2011-2020 гг.». потенциал энергосбережения в ПАО «Газпром» на период до 2020 г. оценен в 28,2 млн т у.т. (от уровня 2010 года). Целевыми показателями энергетической эффективности производственно-технологических процессов в ПАО «Газпром» на период 2010-2020 гг. являются снижение удельных расходов природного газа на собственные технологические нужды (СТН) и потерь в основных видах деятельности Общества не менее чем на 11,4 % и сокращение выбросов парниковых газов не менее чем на 48,6 млн т CO₂ – эквивалента. Основными задачами энергосберегающей политики Компании, определенными «Концепцией энергосбережения и повышения энергетической эффективности в ОАО «Газпром» на период 2011-2020 гг.», являются повышение энергетической эффективности дочерних обществ и организаций ПАО «Газпром» на основе применения инновационных технологий и оборудования и снижение техногенной нагрузки на окружающую среду.

Для успешного достижения установленных целевых показателей в ПАО «Газпром» осуществляется систематическая деятельность по повышению эффективности расхода топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) за

счет внедрения высокоэффективных энергосберегающих технологий во всех видах деятельности Общества. Поскольку наибольшее количество энергоресурсов (порядка 75,6 %) расходуется в магистральном транспорте газа ПАО «Газпром», приоритетным направлением является повышение энергетической эффективности транспортировки газа.

На рисунке 1 приведена динамика $I_{E_{СТН}}$ - индекса удельного расхода газа на СТН магистрального транспорта газа ПАО «Газпром», характеризующего тенденции изменения энергоемкости технологического процесса при транспортировке газа за период 2004-2015 гг.

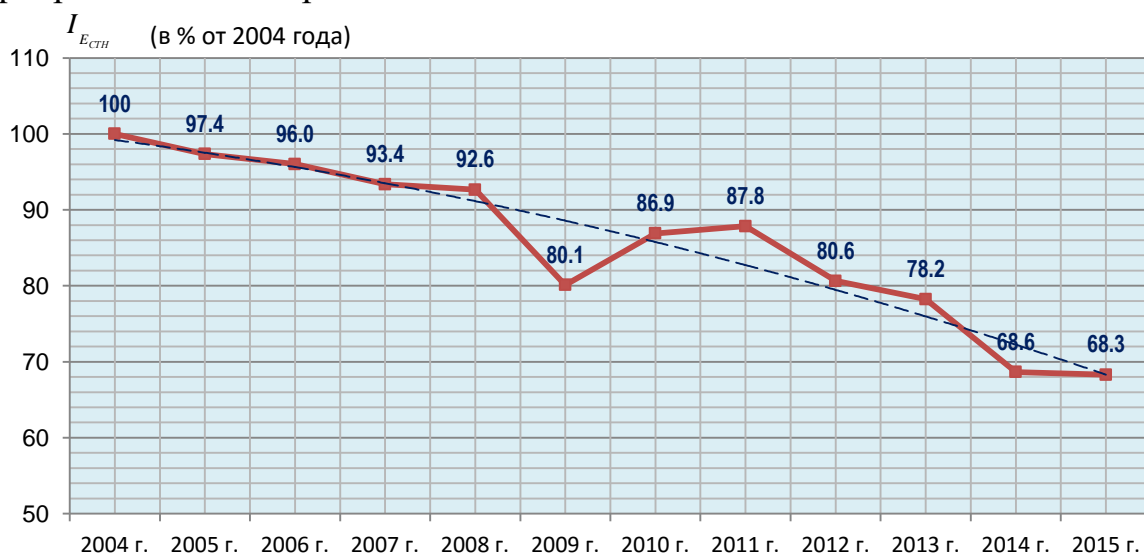


Рисунок 1. Динамика индекса удельного расхода газа на СТН для магистрального транспорта газа ПАО «Газпром»

Индекс удельного расхода газа на СТН рассчитывается по формуле:

$$I_{E_{СТН}} = 100 \cdot \frac{E_{СТН(n+1)}}{E_{СТН(n)}}, \% , \quad (1)$$

где $E_{СТН(n+1)}$ - значение показателя энергоемкости за $(n+1)$ год; $E_{СТН(n)}$ - значение показателя энергоемкости за предшествующий (n) год. В качестве базового года выбран 2004 год, для которого показатель энергоемкости принят за 100 %. За период с 2004 по 2015 гг. темпы снижения показателя составили в среднем около 2,9 % в год.

В качестве показателя, характеризующего эффективность расхода газа на транспортировку природного газа газотранспортной системы (ГТС) Единой системы газоснабжения (ЕСГ), в том числе для экспортных коридоров, используется $E_{СТН}$ - удельный расход газа на собственные технологические нужды:

$$E_{СТН} = 10^3 \cdot \frac{Q_{СТН}}{A_{ГТП}}, \text{ м}^3/\text{млн м}^3 \cdot \text{км}, \quad (2)$$

$$A_{ГТП} = \sum_{i=1}^{\xi} (Q_i \cdot L_i), \text{ млрд м}^3 \cdot \text{км}, \quad (3)$$

где $Q_{СТН}$ - расход газа на СТН, млн m^3 ; $A_{ТТР}$ - товаротранспортная работа (ТТР), млрд $m^3 \cdot km$; Q_i - объем газа, транспортируемого по i участку, млрд m^3 ; L_i - длина i участка, км.

Приведенная динамика индекса удельного расхода газа на СТН для магистрального транспорта свидетельствует об имеющейся тенденции снижения энергоемкости транспортировки природного газа в ПАО «Газпром» (или повышении эффективности использования газа в качестве энергоресурса).

Основными факторами, влияющими на энергоемкость транспортировки природного газа ГТС, являются:

- изменение уровня загрузки газопроводов;
- изменение технического состояния технологического оборудования ГТС, обусловленное износом;
- проведение планово-предупредительных ремонтных работ на линейной части газопроводов и в компрессорных цехах (КЦ);
- новое строительство газопроводов, реконструкция технологического оборудования компрессорных станций и линейной части газопроводов;
- реализация энергосберегающих мероприятий при эксплуатации технологического оборудования.

На рисунке 2 приведен график индекса изменения удельного расхода газа на СТН газотранспортных организаций ПАО «Газпром» за последние пять лет и графики индекса изменения товаротранспортной работы и величины экономии природного газа за этот период.

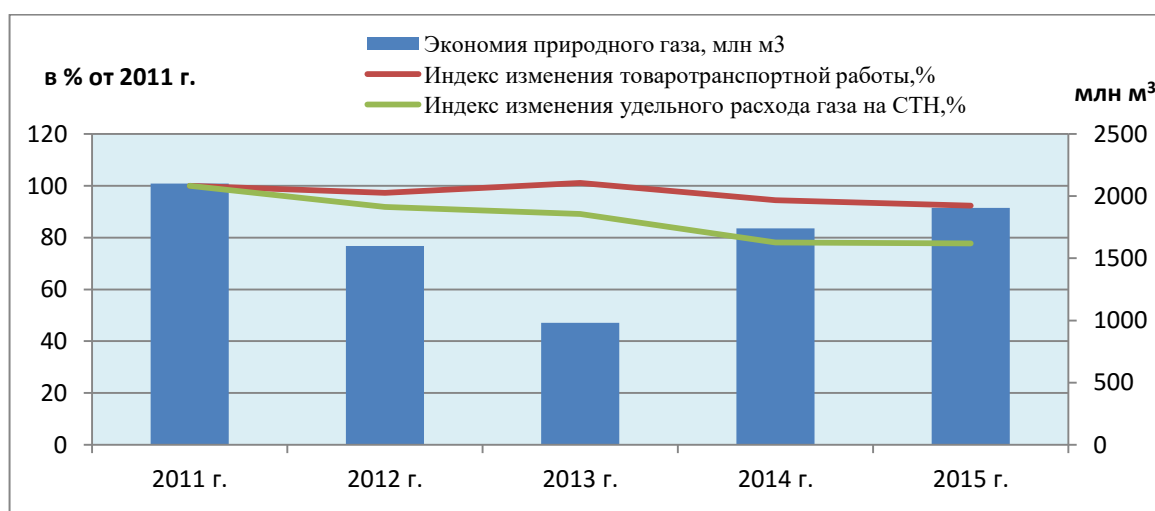


Рисунок 2. График индекса изменения удельного расхода газа на СТН газотранспортных организаций ПАО «Газпром»

За период 2011-2015 гг. удельный расход газа на СТН газотранспортных организаций ПАО «Газпром» снизился (в 2015 году на 22,2 %). Основными факторами снижения энергоемкости процесса транспортирования газа являлись: уменьшение загрузки газопроводов (в 2015 году на 11,1 %) и экономия природного газа (в 2015 году – 1,9 млрд m^3).

Повышение энергетической эффективности функционирования единой системы газоснабжения при выполнении транспортных задач одновременно обеспечивает снижение техногенной нагрузки на окружающую среду, в том числе сокращение «углеродного следа» (выбросов парниковых газов). Изменение величины валовых выбросов парниковых газов при транспортировке природного газа ПАО «Газпром» за период 2011-2015 гг. показано на рисунке 3.

Анализ динамики валовых выбросов парниковых газов на объектах ПАО «Газпром» показывает, что диапазон изменения выбросов находится в интервале от 133,4 млн.т CO₂-экв. (2011 г.) до 102,6 млн.т (2015 г.). При этом в 2015 году выбросы парниковых газов на 7,3% ниже уровня 2014 года и объективно видна тенденция к их снижению. Основная доля выбросов парниковых газов (более 80%) приходится на объекты транспорта газа (рисунок 3).

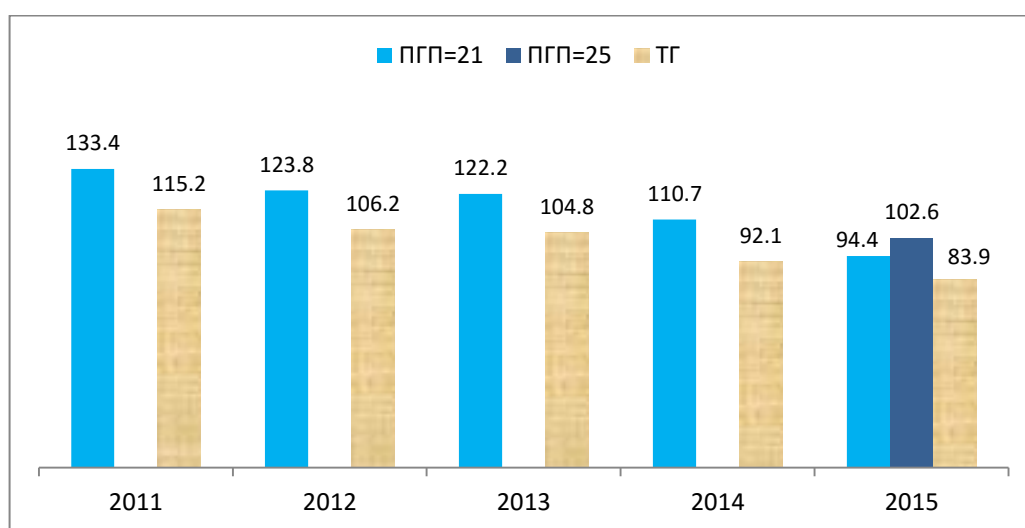


Рисунок 3- Динамика валовых выбросов парниковых газов в ПАО «Газпром», 2011-2015 гг., млн т CO₂-экв [6]

На рисунке 4 представлена динамика удельных выбросов CO₂-экв (на товаротранспортную работу) при транспортировке газа.



Рисунок 4 - Динамика удельных выбросов CO₂-экв при транспортировке газа, т/млн м³ км

Комплексный анализ графиков динамики показателя удельного расхода газа на СТН ГТС (рисунок 1) и удельных выбросов парниковых газов в транспорте газа (рисунок 4) однозначно подтверждает закономерность корреляции процесса повышения энергоэффективности ГТС с одновременным сокращением валовых выбросов парниковых газов. В период 2011 -2015 гг. снижение выбросов загрязняющих веществ Группой Газпром составило: углеводородов - 60,27 тыс. т, оксида углерода – 253,56 тыс. т, оксидов азота – 86,34 тыс. т, прочих загрязняющих веществ - 60,98 тыс. т.

В процессе выполнения контрактных обязательств со стороны ПАО «Газпром» перед Европейским Союзом по обеспечению заданного уровня транспортных поставок природного газа по экспортным коридорам в Западную Европу возник вопрос о тенденциях «углеродного следа». Учитывая заинтересованность наших европейских партнеров в стремлении к объективному анализу реальной ситуации относительно уровня «углеродного следа» природного газа, экспортируемого ПАО «Газпром» в страны ЕС, были проведены исследования по количественной оценке эмиссии парниковых газов на всех этапах жизненного цикла при транспортировке природного газа (от добычи до газоизмерительных станций на границе).

Целью исследования является показать на основе анализа информационных данных по технологическим процессам функционирования экспортных газотранспортных коридоров с последующим проведением оценки их уровня энергоэффективности реальную величину эмиссии парниковых газов.

Для выполнения расчетно-аналитической части данного исследования потребовалось оценить:

- объемы природного газа, транспортируемого потребителям в Западную Европу по экспортным коридорам ЕСГ;
- количество исходного газа в трубопроводе экспортного коридора ЕСГ;
- уровень расхода природного газа на СТН при транспортировке природного газа по экспортным коридорам ЕСГ;
- показатели энергоэффективности технологических процессов и объектов по экспортным коридорам;
- уровень выбросов парниковых газов: метана и диоксида углерода при транспортировке природного газа по экспортным коридорам ЕСГ.

Под эту стохастическую тенденцию подпадают основные экспортные газотранспортные коридоры: через Украину (ГИС Суджа); через Беларусь (ГИС Кондратки); через Балтийское море (ГИС Портовая).

Оценка количества природного газа, транспортированного потребителям в Западную Европу на заданном временном интервале, осуществлялась на основе показаний газоизмерительных станций (ГИС), установленных в соответствующих координатных точках: Суджа, Кондратки, Портовая.

Для определения объема товарного газа, поступающего в трубопровод экспортного коридора ЕСГ от газодобывающих организаций, необходимо выбрать надежный показатель. В качестве такого показателя используется

$Q_{mp}^{эк}$ - фактические величины объема природного газа, транспортируемого в Европу по данным ГИС (таблица 1).

Зная затраты природного газа на транспортировку, можно оценить объем исходного газа $\widehat{Q}_{исх}^{эк}$ в трубопроводе экспортного коридора ЕСГ:

$$\widehat{Q}_{исх}^{эк} = Q_{mp}^{эк} + 10^{-3} \cdot (\widehat{Q}_{СТН}^{эк} + \widehat{Q}_{ТП}^{эк}), \text{ млрд м}^3, \quad (1)$$

где $\widehat{Q}_{СТН}^{эк}$ - объем газа, расходуемого на СТН при транспортировке газа по экспортному коридору, млн м³; $\widehat{Q}_{ТП}^{эк}$ - объем технологических потерь газа по экспортному коридору, млн м³.

Функционирование технологических объектов экспортных коридоров ЕСГ осуществляется в составе единой технологической цепочки, состоящей из компрессорных цехов (КЦ), линейной части, газораспределительных станций (ГРС) и газоизмерительных станций (ГИС). Существующая статистическая информация, характеризующая режимы функционирования КЦ при транспортировке природного газа, а также затраты энергоресурсов на их функционирование, формируются на основе корпоративной отчетности ПАО «Газпром» на уровне газотранспортных организаций. Данные по экспортным коридорам (кроме $Q_{mp}^{эк}$) были рассчитаны на основе выборки фактических данных по газотранспортным организациям, осуществляющим транспортировку газа в Западную Европу.

Для решения конечной задачи по оценке «углеродного следа» природного газа (на всех этапах жизненного цикла от добычи до передачи его через ГИС европейским потребителям) следует из структуры расхода газа на собственные технологические нужды выделить газ, используемый в качестве топлива газоперекачивающих агрегатов (ГПА) с газотурбинными двигателями, в котельных для получения тепла, в электростанциях с газотурбинными двигателями, в других технологических операциях (например, при подогреве топливного газа в КЦ) и газ, используемый для проведения технологических операций на КС, линейной части, ГРС, ГИС и стравливаемый в атмосферу без сжигания:

$$Q_{СТН} = Q_{топл.} + Q_{выбр.} \quad (2)$$

где $Q_{топл.}$ - расход природного газа в качестве топлива; $Q_{выбр.}$ - объем выбросов природного газа в атмосферу без сжигания.

Оценка расхода природного газа на СТН при транспортировке товарного газа по экспортным коридорам ЕСГ через Украину (ГИС Суджа), Беларусь (ГИС Кондратки) и «Северного потока» (ГИС Портовая) осуществлялось по формуле:

$$\widehat{Q}_{СТН_j}^{экс} = \widehat{E}_{СТН_j}^{эк} \cdot \widehat{A}_{ТП_j}^{эк}, \text{ млн м}^3, \quad (3)$$

где $\widehat{E}_{СТН, j}^{эк}$ - удельный расход газа на СТН для экспортного коридора СЕГ в j году, $\text{м}^3/\text{млн м}^3 \cdot \text{км}$; $\widehat{A}_{ТПР, j}^{эк}$ - товаротранспортная работа для экспортного коридора в j году, млрд $\text{м}^3 \cdot \text{км}$.

Удельный расход газа на СТН для экспортных коридоров за период 2012-2015 гг. приведен на рисунке 5.

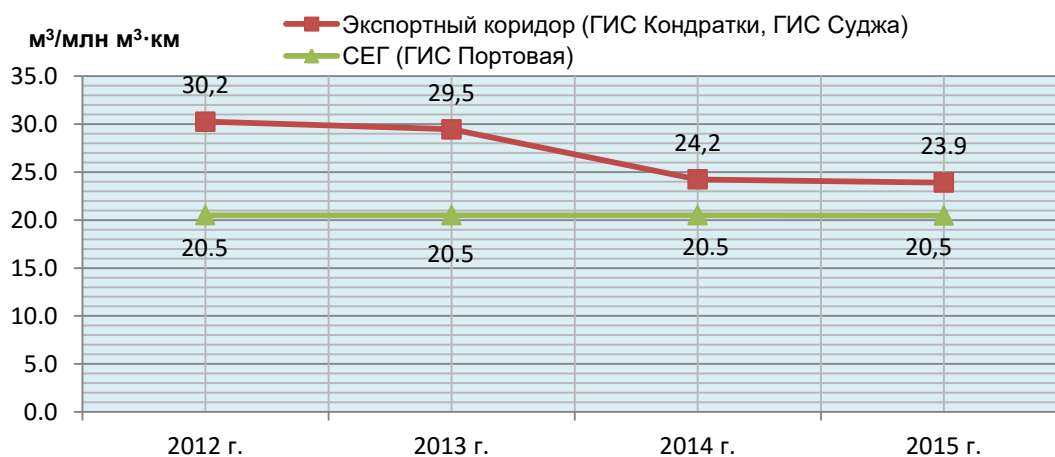


Рисунок 5 - Удельный расход газа на СТН для экспортных газотранспортных коридоров

Для экспортных газотранспортных коридоров оценка удельного расхода газа на СТН (ГИС Кондратки, ГИС Суджа) были использованы фактические данные газотранспортных организаций ПАО «Газпром», выполняющих основную часть товаротранспортной работы по этим коридорам. Показатель удельного расхода ТЭР экспортного коридора от КС Байдарацкая до КС Портовая в 2015 году составил $22,47 \text{ м}^3/\text{млн м}^3 \cdot \text{км}$, что на 6,0 % меньше, чем средняя величина по старым коридорам. Поскольку этот газопровод работает не на проектном режиме, имеется резерв повышения его энергоэффективности на более высокий уровень. Оценка расхода газа на СТН по экспортным коридорам, рассчитанная по формуле (3) приведена в таблице 1.

Следующим этапом исследования было определение уровня технологических потерь природного газа при его транспортировке по экспортным коридорам ЕСГ, которые включают в себя: стравливание газа при эксплуатации силовых пневмоприводов кранов; стравливание газа при работе пневморегуляторов, пневмоустройств на газе; стравливание газа при проверке работоспособности предохранительных клапанов; стравливание газа при продувке дренажей и импульсных линий отбора газа на датчики давления и перепада давления; потери газа, обусловленные утечками.

Для оценки технологических потерь газа по экспортным газотранспортным коридорам использовался показатель $k_{ТП}$, рассчитанный по формуле:

$$k_{ТП} = \frac{Q_{ТП}^{\Sigma}}{Q_{ТР}^{\Sigma}}, \text{ безразмерный,} \quad (4)$$

где $Q_{ТП}^{\Sigma}$ - суммарные технологические потери газа в магистральном транспорте газа ПАО «Газпром», млн м³; $Q_{мп}^{\Sigma}$ - суммарный объем газа, транспортируемый по ГТС ПАО «Газпром», млн м³.

Оценка величины технологических потерь газа на экспортных коридорах $\widehat{Q}_{ТП}^{\text{эк}}$ с учетом коэффициента $k_{ТП}$ выполнена по формуле:

$$\widehat{Q}_{ТП}^{\text{эк}} = 10^3 \cdot k_{ТП} \cdot Q_{мп}^{\text{эк}}, \text{ млн м}^3. \quad (5)$$

где $k_{ТП}$ принимается равным $5,4 \cdot 10^{-4}$.

Оценка объемов выбросов газа (выбросов метана в составе природного газа из организованных источников выбросов загрязняющих веществ за исключением выбросов метана, отнесенного к потерям газа) в атмосферу $\widehat{Q}_{\text{выбр.}}^{\text{эк}}$ на экспортных газотранспортных коридорах осуществляется аналогично оценке технологических потерь газа. Для этого рассчитывается показатель $k_{\text{выбр.}i}$ для i газотранспортной организации по формуле:

$$k_{\text{выбр.}i} = \frac{Q_{\text{выбр.}i}}{Q_{мп_i}}, \text{ безразмерный}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{выбр.}i}$ - фактические объемы выбросов газа в i газотранспортной организации ПАО «Газпром», млн м³; $Q_{мп_i}$ - фактический объем газа, транспортируемый i газотранспортной организацией ПАО «Газпром», млн м³.

Оценка количества газа, стравливаемого в атмосферу без сжигания, для экспортного газотранспортного коридора $\widehat{Q}_{\text{выбр.}}^{\text{эк}}$ выполнялась по формуле:

$$\widehat{Q}_{\text{выбр.}}^{\text{эк}} = \sum (k_{\text{выбр.}i} \cdot Q_{мп_i}^{\text{эк}}), \text{ млн м}^3. \quad (7)$$

Данные по количеству газа, стравливаемого в атмосферу без сжигания, для экспортных газотранспортных коридоров, приведены в таблице 1.

Уровни достижения энергосберегающих и экологических целей в ПАО «Газпром» в 2015 г. приведены в таблице 2.

Таблица 2- Уровни достижения энергосберегающих и экологических целей в ПАО «Газпром» в 2015 году

Энергосберегающие и экологические цели	Исполнители	Количественная оценка уровня достижения целей по отношению к базовому 2011 г.
Снижение удельного потребления природного газа на СТН	Газотранспортные организации	Снижение на 22,2 %
Снижение выбросов метана в атмосферу при выполнении ремонтных работ на ГТС	Газотранспортные организации	Снижение на 5 %
Снижение удельных выбросов оксидов азота при компримировании природного газа в КЦ	Газотранспортные организации	Снижение на 15 %
Снижение платы за сверхнормативное воздействие как инте-	Все дочерние общества и организации	Снижение на 54,7 %

грального показателя негативно-го воздействия на окружающую среду		
Снижение сброса загрязненных и недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водные объекты	Все дочерние общества и организации	Снижение на 23,9 %
Снижение доли отходов, направляемых на захоронение	Все дочерние общества и организации	Снижение на 18 %

Выполненная оценка уровня энергоэффективности экспортных коридоров ЕСГ России подтверждает, что в ПАО «Газпром» успешно и целенаправленно реализуется политика энергосбережения, обеспечивающая снижение, стабильную динамику как энергоемкости при транспортировке природного газа западным потребителям, так и уровня «углеродного следа».

Таблица 1 - Оценка показателей, характеризующих «углеродный след» по экспортным газотранспортным коридорам

Показатель	Размерность	г-д «Уренгой — Ужгород», г-д «Елец — Кременчуг — Кривой Рог», г-д «Прогресс» (Украина) (ГИС СУДЖА)				г-д «Ямал — Европа» (Беларусь) (ГИС КОНДРАТКИ)				Газотранспортный коридор от Бованенково до Грайфсвальда, включая г-д «Северный поток» (ГИС ПОРТОВАЯ)			
		2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Оценка расхода газа на СТН	млн м³	6792	6569	3714	3800	3718	4337	3469	3206	881	1581	2259	2447
Оценка количества газа, стравливаемого в атмосферу, всего, в том числе:	млн м³	211,6	181,0	124,4	141,7	103,9	149,2	131,0	122,0	21,2	58,7	79,2	69,9
а) технологические потери	млн м ³	34,0	33,7	23,2	24,0	15,7	18,7	18,7	18,3	6,4	12,8	19,2	21,1
б) организованные выбросы	млн м ³	177,6	147,3	101,3	117,7	88,3	130,5	112,3	103,7	14,8	45,9	60,0	48,8
Выбросы метана в % от транспортируемого газа по экспортным коридорам	%	0,336	0,290	0,290	0,319	0,358	0,430	0,378	0,359	0,179	0,247	0,223	0,179