

**Обоснование эффективности использования газов выветривания газоконденсатных производств**

**Justification of the efficiency of using exhausting gases on gas-condensate plants**



**DOI 10.24411/2413-046X-2019-11061**

**Иванов Андрей Владимирович,**

*кандидат технических наук, доцент кафедры геоэкологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург*

**Баркан Михаил Шмерович,**

*кандидат технических наук, доцент кафедры геоэкологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург*

**Ivanov A.V.,**

*e-mail: andrey-racer@mail.ru*

**Barkan M.Sh.,**

*e-mail: barkan-msh@spmi.ru*

**Аннотация.** Объемы потерь природного газа на газоконденсатных производствах соизмеримы с газопотреблением некоторых небольших европейских государств. Значительный объем потерь приходится на технологические продувочные операции и факельное сжигание некондиционных газов. На основании анализа возможных путей использования газов выветривания выбран эффективный способ их использования в водонагревательном котле для обеспечения отопления вахтового поселка и объектов предприятия. Приведено технико-экономическое обоснования применения данного способа.

**Summary.** The volume of natural gas losses in gas condensate production is commensurate with the gas consumption of some small European countries. A significant amount of losses is attributable to process blowing operations and flaring of off-spec gas. Based on the analysis of the possible ways of using weathering gases, an effective way of using them in a water-heating boiler for the heating of the camp and facilities of the plant has been selected. The feasibility study of the application of this method is given.

**Ключевые слова:** газы выветривания, газоконденсатное производство, котел, природный газ, метан, предотвращенный ущерб, эксплуатационные затраты.

**Key words:** exhausting gases, gas condensate production, boiler, natural gas, methane, prevented damage, operating costs.

Нормативные технологические потери природного газа в России согласно официальным данным Министерства Энергетики Российской Федерации за последние десять лет составляли от 0,141% (0,84 млрд.куб.м) в 2016 году до 0,62% (3,7234 млрд.куб.м) (2013) от объема добычи газа рисунок 1 [1]. Это сопоставимо с объемом

потребления небольших государств, таких как Литва (3,3 млрд.куб.м), Швейцария (3,2 млрд.куб.м), Сербия (2,8 млрд.куб.м), Болгария (2,5 млрд.куб.м), Латвия (1,5 млрд.куб.м) Швеция (1,5 млрд.куб.м), Молдова (1,1 млрд.куб.м), Словения (1,1 млрд.куб.м), Эстония (0,7 млрд.куб.м). Потребность в газе на мировом рынке возрастает, а нагрузка газовой отрасли на атмосферный воздух увеличивается, что заставляет искать и внедрять новые способы снижения потерь газа.

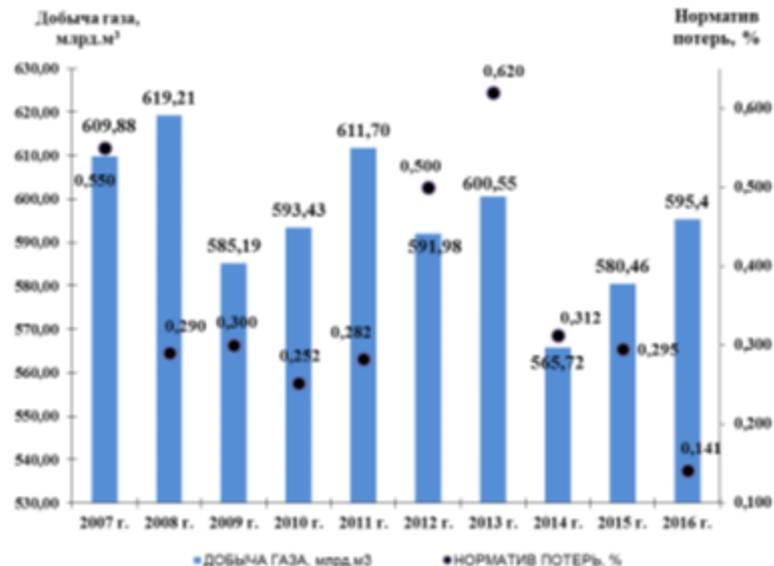


Рисунок 1 – Добыча природного газа в России и нормативы потерь

Непосредственного на газоконденсатных заводах основной объем потерь приходится на технологические операции, связанные с опорожнением оборудования и составляют до 2% от общего объема потерь, то есть до 0,075 млрд. куб.м. В работе рассмотрен газоконденсатный завод, расположенный в Ямало-Ненецком автономном округе (Тюменская область, Россия).

Основными видами деятельности предприятия является добыча, подготовка, транспортировка, хранение и переработка жидкого и газообразного углеводородного сырья, а также разработка и эксплуатация газовых, газоконденсатных месторождений.

В состав рассмотренного предприятия в настоящее время входят две производственные площадки: Южный участок и Северный участок.

Выявлено 270 источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, из них: 12 неорганизованных источников выбросов; 258 организованных источников выбросов.

Режим выбросов источников – постоянный, залповый и аварийный.

Нормативы предельно допустимых выбросов разработаны для источников с постоянным и залповым режимом выбросов, выделяющих в атмосферу 39 загрязняющих веществ и 12 группы суммаций биологического действия веществ.

Суммарный валовый выброс на существующее положение в целом по предприятию составляет 7711,15 тонн в год из них:

Южный участок предприятия:

– 2983,9 тонн в год от источников с постоянным режимом выбросов (124 организованных и 7 неорганизованных источника, 38 загрязняющих веществ, 12 группы суммаций биологического действия веществ);

- 3956,9 тонн в год от источников с залповым режимом выбросов (90 организованных источников, 6 загрязняющих веществ);
- 18,4 тонн в год от источников с аварийным режимом выбросов (16 организованных источников, 7 загрязняющих веществ, 1 группа суммаций биологического действия веществ).

Северный участок предприятия:

- 154,5 тонн в год от источников с постоянным режимом выбросов (21 организованных и 5 неорганизованных источника, 14 загрязняющих веществ, 2 группы суммаций биологического действия веществ);
- 585,2 тонн в год от источников с залповым режимом выбросов (18 организованных источников, 4 загрязняющих вещества);
- 12,2 тонн в год от источников с аварийным режимом выбросов (4 организованных источника, 9 загрязняющих веществ, 1 группа суммаций биологического действия веществ).

Загрязняющие вещества представлены преимущественно метаном. Объемы выброса метана на объектах предприятия представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выброс метана на рассматриваемом предприятии (за исключением источников с валовым выбросом менее 1 т/год)

Название объекта	Название источника	Выброс вещества	
		Максимально-разовый выброс, г/с	Валовый выброс, т/год
<b>Южный участок</b>			
Кусты газовых скважин	ГФУ	2997,64	1256,23
Общий коллектор	Свечи	1661,36	569,54
Цех входа и сепарации газа	Дефлектор	0,12	3,93
	Продувочные свечи	102,85	4,95
Цех осушки газа	Дефлектор	0,09	2,75
	Продувочные свечи	571,81	6,84
Газоперекачивающие агрегаты	Свечи низкого давления	838,16	160,41
	ГФУ	2222,12	1029,00
Блоки абсорберов	Продувочные свечи	43,99	5,32
	Выхлопная труба	2,41	35,57
Компрессорный цех	Свечи остановки	2057,34	1517,65
	Дефлектор	0,03	1,02
	Продувочные свечи	33,84	7,52
	Свечи	29020	971,36
<b>Всего</b>		<b>39551,76</b>	<b>5572,09</b>
<b>Северный участок</b>			
Кусты газовых скважин	ГФУ	2059,09	250,54
Цех предварительной подготовки газа	Вентиляционная труба	0,26	8,23
	Дефлекторы	0,07	2,27
Общий коллектор	Свеча	18,34	2,17
	ГФУ	951,50	12,12
<b>Всего</b>		<b>3061,41</b>	<b>275,39</b>
<b>Всего по предприятию</b>		<b>42613,17</b>	<b>5847,48</b>

Ввиду 20-кратного превышения выброса метана с объектов Южного участка по сравнению с Северным, а также удаленности Северного участка от вахтового поселка, целесообразным является рассмотрение источников выбросов метана на Южном участке. В ходе работы была построена модель рассеивания метана от объектов Южного участка в сторону вахтового поселка при негативных климатических условиях с учетом влияния

застройки и фоновых концентраций, создаваемых объектами Северного участка. Моделирование показало возможность более чем 15-кратного превышения ПДК по метану в зоне вахтового поселка.

Основной причиной миграции загрязняющих атмосферный воздух веществ является постоянный, залповый и аварийный выброс с газовых свечей и горизонтальных факельных установок. Данный процесс необходим для утилизации избытка добываемого газа, проведения ремонтных работ, аварийной остановки добычи.

Плановые остановки осуществляются на ремонт абсорберов цеха осушки газа, разделителей цеха насосно-емкостного оборудования, сепараторов цеха входа и сепарации газа и подогревателя блока огневой регенерации цеха огневой регенерации. Сброс газа с технологического оборудования осуществляется на продувочные свечи этих же цехов. При плановых остановках остального технологического оборудования установка комплексной подготовки газа (УКПГ) газ направляется на свечу рассеивания УКПГ.

Постоянный сброс газа выветривания осуществляется на продувочную свечу цеха насосно-емкостного оборудования.

Аварийный сброс газа с сепараторов цеха входа и сепарации газа, предусмотрен на свечу рассеивания УКПГ.

При газодинамических и геофизических исследованиях, продувках газовых малогабаритных каплеотделителей, а так же при ликвидации гидрожидкостных пробок, при подземном ремонте на скважинах при осуществлении капитального ремонта скважин, газ сбрасывается через горизонтальные факельные установки (ГФУ) кустов газовых скважин.

На основании анализа возможных путей использования газов выветривания выбран эффективный способ их использования в водонагревательном котле для обеспечения отопления вахтового поселка и объектов предприятия

Предприятие использует для отопления производственных площадок и мест проживания котельную с тремя котлами КВГМ-4 (4000 кВт), которые используют в качестве топлива товарный газ рассматриваемого газового промысла. Данная система может быть модернизирована путем установки в котельной дополнительного котла серии Prextherm RSW 4000 (4000 кВт), который ввиду конструктивных особенностей неприхотлив к качеству используемого газа, работает в широком диапазоне давлений и оснащен автоматизированной системой управления, что делает возможным утилизацию газов выветривания со свечей и горизонтальных факельных установок. При этом подведение газов выветривания должно быть произведено через сепаратор и промежуточный газгольдер переменного объема.

Потребление газа котлом Prextherm RSW 4000 при выдаче номинальной мощности 4000 кВт составляет 530 м<sup>3</sup>/час [2]. Организованные источники выброса на Южном участке предприятия, которые предлагается объединить газосборной сетью, производят валовый выброс метана порядка 5500 т/год, что соответствует 3575 тыс.куб.м. в год. С учетом возможной круглосуточной работы котла при 10-месячном периоде эксплуатации (холодное время года рассматриваемого региона) можно сделать вывод о том, что данного объема газа будет достаточно для полного обеспечения тепловой машины топливом.

Результат внедрения природоохранного мероприятия позволит значительно снизить объемы выброса метана и обеспечить нормативное качество воздуха, что подтверждается результатами повторного моделирования при внедрении данного мероприятия.

Стоимость котла **Prextherm RSW 4000** (по состоянию цен на 2018 год) составляет 2180,0 тыс. руб. при нормативном сроке службы не менее 15 лет. Сепаратор и мягкий газгольдер переменного объема на предприятии имеются в резерве. Затраты на строительные-монтажные работы устанавливаются в размере 7% от капитальных затрат на внедряемое оборудование и составляют 152,60 тыс. руб. Дополнительные затраты в размере 5% от стоимости строительных-монтажных работ и оборудования – 7,63 тыс. руб. Доставка берется в размере 3% от стоимости оборудования т.е. 65,4 тыс. руб. Стоимость АСУ входит в стоимость котла. Капитальные затраты определяются по формуле:

$$K = Z_{об} + Z_{м} + Z_{пр} + Z_{д} = 2180,0 + 152,6 + 7,63 + 65,4 = 2405,6 \text{ тыс. руб.},$$

где  $Z_{об}$  – стоимость оборудования, руб;

$Z_{д}$  – затраты на транспортировку оборудования, руб;

$Z_{м}$  – затраты на монтаж и пусконаладочные работы, руб;

$Z_{пр}$  – дополнительные затраты, руб.

Эксплуатационные расходы представляют собой годовые текущие издержки, связанные с реализацией мероприятия, рассчитываются по формуле:

$$Z_{экспл} = Z_{мат} + Z_{зп} + A_{м} + Z_{пр},$$

где  $Z_{мат}$  – материальные затраты, руб;

$Z_{зп}$  – заработная плата, руб;

$A_{м}$  – амортизационные отчисления, руб;

$Z_{пр}$  – прочие расходы, руб.

Котел **Prextherm RSW 4000** работает в автоматическом режиме на некондиционном газе, совместно добываемом с газом на рассматриваемом месторождении, следовательно материальные затраты на топливо и затраты на заработную плату отсутствуют.

Амортизация рассчитывается по формуле:

$$A_{м} = Z_{об} \cdot H_{а},$$

где  $Z_{об}$  – стоимость оборудования,

$H_{а}$  – норма амортизации – это процент от стоимости основных средств, списываемый ежегодно на себестоимость продукции:

$$H_{а} = \frac{1}{T_{н}}$$

где  $T_{н}$  – нормативный срок службы оборудования, год.

$$H_{а} = \frac{1}{15} = 0,066$$

Амортизация будет равна:

$$A_{м} = 2180,0 \cdot 0,066 = 145,3 \text{ тыс. руб./год}$$

Прочие расходы принимаются равными 4 % от суммы всех затрат без учета амортизационных отчислений и в данном случае отсутствуют.

Эксплуатационные затраты

$$Z_{\text{экс}} = 145,3 \text{ тыс.руб./год}$$

Сумма платы за выбросы загрязняющих веществ:

$$P_n = \sum K_u \cdot K_z \cdot H_n \cdot M_{\phi}$$

где  $K_u$  – коэффициент индексации платы за загрязнения, на 2018 г равен 2,67;

$K_z$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов России, =1,2 для Западно-Сибирского экономического района;

$H_n$  – базовый норматив платы за выброс одной тонны  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах, не превышающих ПДВ;

$M_{\phi}$  – фактическое значение выброса  $i$ -го загрязняющего вещества, т/год,

До внедрения природоохранного мероприятия (таблица 2).

Таблица 2

Плата за выбросы до внедрения природоохранного мероприятия					
Вещество	$M_{\phi}$ , т/год	$H_n$	$K_u$	$K_z$	$P_n^{\text{до}}$ , тыс.руб
Метан	3705,2	50	2,67	1,2	593573
Всего					593573

Расчет платы за выбросы до внедрения природоохранного мероприятия:

$$P_n^{\text{до}} = 30705,2 \cdot 50 \cdot 2,67 \cdot 1,2 = 593573 \text{ руб.}$$

После внедрения природоохранного мероприятия (таблица 3):

Таблица 3

Плата за выбросы после внедрения природоохранного мероприятия					
Вещество	$M_{\phi}$ , т/год	$H_n$	$K_u$	$K_z$	$P_n^{\text{после}}$ , тыс.руб
Метан	27,56	50	2,67	1,2	4415,11
Всего					4415,11

Пример расчета произведен по метану  $P_n^{\text{после}} = 27,56 \cdot 50 \cdot 2,67 \cdot 1,2 = 4415,11 \text{ руб.}$

Экономия от внедрения установки составит:

$$\Delta = P_n^{\text{до}} - P_n^{\text{после}} = 593573 - 4415,11 = 589157,9 \text{ руб./год}$$

Определим экономический эффект от внедрения установки:

$$\Delta_{\text{эф}} = \Delta - Z_{\text{экс}} = 589157,9 - 145333,3 = 443824,6 \text{ руб./год}$$

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = K / \Delta_{\text{эф}} = 2405630 / 443824,6 = 5 \text{ лет}$$

Определение величины эколого-экономического ущерба от загрязнения компонентов природной среды представляет собой расчет в денежной форме возможных отрицательных последствий от загрязнения окружающей среды, которых удалось избежать в результате природоохранной деятельности производственного предприятия и состоит из предотвращенный эколого-экономический ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, почвенных ресурсов и поверхностных водных ресурсов.

Укрупненный расчет предотвращенного эколого-экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха проводился в соответствии с [3].

Укрупненная оценка величины предотвращенного эколого-экономического ущерба от выбросов ЗВ с территории рассмотренного газового промысла производится по формуле:

$$Y_{\text{зв}}^a = Y_{\text{зв}}^a \cdot \sum_{i=1}^N M_k^a \cdot K_3^a \cdot J_d$$

$Y_{\text{зв}}^a$  – величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Территория промысла расположена в западно-сибирском экономическом регионе  $Y_{\text{зв}}^a = 46,6$  руб./усл. т

$M_k^a$  – приведенная масса загрязняющих веществ выбрасываемая в атмосферный воздух при эксплуатации месторождения , усл. т

$K_3^a$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов России. Для западно-сибирского экономического региона  $K_3^a = 1,6$ ;

$J_d$  – индекс дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономразвития на рассматриваемый период. Для газовой промышленности на 2018 год,  $J_d = 104,9$ .

Приведенная масса загрязняющих веществ рассчитывается по формуле:

$$M_k^a = \sum_{i=1}^N m_i^a K_{zi}^a, \text{ усл. т}$$

$m_i^a$  – масса выброса в атмосферной воздух i-го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, т/год;

$K_{zi}^a$  – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i-го загрязняющего вещества или группы веществ;

i – индекс загрязняющего вещества или группы загрязняющих веществ;

N – количество учитываемых групп загрязняющих веществ.

Таблица 4

приведенная масса загрязняющих веществ до внедрения природоохранного мероприятия			
Загрязняющее в-во	$m_i^a$ , т/год	$K_i^a$	$M_k^a$ , усл. т.
Метан	3705,2	0,7	2593,64
	Сумма		2593,64

Величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ на территории газового промысла в атмосферный воздух до внедрения природоохранного мероприятия:

$$Y_{\text{пр1}}^a = 46,6 \cdot 1,6 \cdot 8,4 \cdot 2593,64 = 1624,4 \text{ тыс. руб/год}$$

Таблица 5

После внедрения природоохранного мероприятия приведенная масса загрязняющих веществ

Загрязняющее в-во	$m_i^a$ , т/год	$K_i^a$	$M_k^a$ , усл т.
Метан	27,56	0,7	19,29
Сумма			19,29

Величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ на территории газового промысла в атмосферный воздух после внедрения природоохранного мероприятия:

$$Y_{\text{пр2}}^a = 46,6 \cdot 1,6 \cdot 8,4 \cdot 19,29 = 12,08 \text{ тыс. руб/год}$$

Величина предотвращенного экологического ущерба составит:

$$Y^a_{\text{прг}} = Y^a_{\text{прг1}} - Y^a_{\text{прг2}} = 1624,4 - 12,08 = 1612,3 \text{ тыс.руб.}$$

При реализации представленного проектного решения будет предотвращен экологический ущерб, наносимый окружающей природной среде, а в частности атмосферному воздуху, на сумму 1,6 млн. рублей.

Таким образом, ввиду простоты монтажа газового котла в существующей газовой котельной и необходимости практически постоянного отопления в условиях регионов Севера предложенный способ утилизации газов выветривания может являться наиболее эффективным способом снижения негативного воздействия на атмосферный воздух, что также подтверждено результатами эколого-экономической оценки.

#### Список литературы

1. <https://minenergo.gov.ru/system/download/1156/61263>
2. <http://www.dkm.ru/catalog/malye-kotly/60.html>
3. Вершкова Л.В., Грошева В.Л., Гаврилова В.В. Методика определения предотвращенного экологического ущерба по охране окружающей среды, В. И. Данилов-Данильян. М. 1999 г.