

Оценка суммарного объёма факельного сжигания попутного газа на нефтедобывающей территории по снимкам Landsat 8

Г.А. Кочергин

к.т.н., зав. лабораторией информационно-космических технологий¹
kocheringa@uriit.ru

М.А. Куприянов

магистр, главный специалист лаборатории информационно-космических технологий¹
kupriuanovma@uriit.ru

Ю.М. Полищук

д.ф.-м.н., главный научный сотрудник центра дистанционного зондирования Земли^{1,2}
yupolishchuk@gmail.com

¹АУ «Югорский НИИ информационных технологий», Ханты-Мансийск, Россия

²Институт химии нефти СО РАН, Томск, Россия

Рассмотрены методические вопросы оценки суммарных объёмов факельного сжигания попутного газа на территории нефтедобывающих регионов с использованием данных о количестве действующих на территории факельных установок, определяемого на основе космических снимков. На основе регрессионного анализа определена взаимосвязь между объемом сжигаемого газа на всей территории нефтедобычи в Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО) и количеством действующих на территории факельных установок, определенным на основе космических снимков среднего разрешения Landsat 8 за период 2013–2015 гг. С использованием полученного регрессионного уравнения определены величины объема сжигаемого газа на территории ХМАО за период первого полугодия 2016 г., которые согласуются с официальными данными.

Материалы и методы

Для выполнения исследования были использованы методы дистанционного зондирования Земли из космоса и регрессионного анализа статистических данных.

Ключевые слова

попутный нефтяной газ, факельные установки, космические снимки, нефтедобывающие регионы

Введение

Одной из важных экологических проблем нефтедобывающих регионов стало сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) на нефтяных месторождениях, в результате которого в атмосферу выбрасываются значительные объёмы экологически опасных продуктов сжигания. Например, оксиды азота и сажа, оказывающие вредное воздействие на лесорастительный покров нефтедобывающих территорий [1]. В результате сжигания попутного газа в атмосферу выбрасываются и большие объёмы углекислого газа, что вносит значительный вклад в парниковый эффект как один из факторов глобального потепления. В связи с этим представляет интерес оценка территориальных объёмов ПНГ, сжигаемого в факельных установках на месторождениях за определенный интервал времени (месяц, квартал, год). Особенно острой стала эта проблема для Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), где добывается в настоящее время половина объёма российской нефти. Перспективным для решения этой проблемы рассматривается применение данных дистанционного зондирования (ДДЗ), получаемых с космических аппаратов в оптическом и инфракрасном диапазонах длин волн.

В [2–4] рассматриваются вопросы оценки объёма сжигаемого газа на отдельных факельных установках (ФУ) с использованием информации о яркости ФУ, полученной по космическим снимкам. Однако методы, изложенные в цитированных работах [2–4], ориентированы на использование снимков низкого пространственного разрешения, не позволяющих дешифровать отдельные ФУ на нефтедобывающих территориях. Более приемлемым, по нашему мнению, является подход к оценке территориального объёма сжигаемого газа, основанный на использовании информации о количестве работающих ФУ, которые могут обнаруживаться по космическим снимкам среднего разрешения. Однако методические вопросы такого подхода в настоящее время не разработаны. В связи с этим целью данной работы является разработка методики оценки суммарных объёмов сжигания ПНГ на основе информации о количестве действующих на территории ФУ и определение объёмов сжигаемого газа на территории ХМАО с использованием космических снимков среднего разрешения Landsat 8.

Данные и методы

В качестве данных о фактических объёмах сжигаемого ПНГ была использована информация, заимствованная из отчётов Департамента по недропользованию Ханты-Мансийского автономного округа, размещаемых на официальном сайте [5]. Эти данные, приведенные в таб. 1, представляют

собой ежеквартальную статистику о суммарных объёмах сжигаемого ПНГ на всей территории автономного округа.

В качестве исходных ДДЗ, использованных для определения числа ФУ на территории ХМАО, применены космические снимки среднего пространственного разрешения со спутника Landsat 8. Данный спутник, введенный в эксплуатацию в 2013 г., оснащён двумя сенсорами, которые производят съёмку в девяти и двух спектральных каналах соответственно, в видимом и в ближнем, среднем и дальнем инфракрасном диапазонах. Ширина полосы захвата сенсоров составляет 185 км, периодичность съёмки – 16 суток, однако за счёт перекрытия соседних витков между собой можно получить данные с меньшей периодичностью. Совокупность технических характеристик спутника и получаемых им снимков обеспечивает ежегодное многократное покрытие территории ХМАО и даёт возможность автоматизировать процесс дешифрирования местоположения ФУ, различать отдельные факельные установки, находящиеся на удалении 200 м друг от друга.

Для определения числа ФУ на нефтеперерабатывающих территориях по космическим снимкам Landsat 8 была разработана процедура дешифрирования ФУ, которая использует сигналы 4 спектрального канала (с длиной волны 636–673 мкм), 5 спектрального канала (851–879 мкм), 7 спектрального канала (2107–2294 мкм) и 11 спектрального канала (11500–12510 мкм). Указанная процедура была реализована в составе программного комплекса «Автоматизированная система выделения термических точек на основе космических снимков Landsat 8», зарегистрированного в Роспатенте [7].

Анализ взаимосвязи между количеством факельных установок и объёмом сжигания попутного газа на нефтедобывающей территории

Для иллюстрации взаимосвязи между объёмами сжигаемого ПНГ и количеством ФУ, на рис. 1 приведены графики временных ходов объёма сожжённого ПНГ (по данным таб. 1) и количества ФУ, определённого по космическим снимкам на территории ХМАО за период с 2013 по 2015 гг. На рис. 1 сплошная линия показывает количество факельных установок, полученное по результатам обработки космических снимков в период со II квартала 2013 г. по IV квартал 2015 г., а пунктирная линия — суммарные (за квартал) объёмы сжигаемого ПНГ. Как видно из рисунка, динамика объёмов сожжённого ПНГ проявляет согласованную сезонную периодичность с изменением количества выявленных ФУ.

Исследование взаимосвязи между объёмом сжигаемого газа и количеством действующих факельных установок проведено

методом линейного регрессионного анализа. На рис. 2 представлен график зависимости объёмов сожжённого ПНГ от количества действующих ФУ. С использованием средств MS Excel определено с высоким уровнем коэффициента детерминации ($R^2 = 0,66$) уравнение линейной регрессии в виде:

$$y = 2,26x + 89,60, \quad (1)$$

где y и x обозначают объёмы сожжённого ПНГ и количество действующих ФУ соответственно.

Полученное линейное уравнение регрессии может использоваться для оценки объёмов сжигаемого ПНГ на территории нефтедобычи на основе данных о количестве действующих ФУ.

Проверка адекватности регрессионной модели

Для проверки адекватности разработанной регрессионной модели оценки объёмов сожжённого ПНГ по данным о количестве обнаруженных ФУ были использованы результаты расчёта объёма сжигаемого газа по формуле (1) и данные официальной квартальной статистики сжигания газа [5] на территории ХМАО за первые два квартала 2016 г. В таб. 2 приведены данные об объёмах фактически сожжённого ПНГ на указанной территории и результаты расчёта объёмов сжигания газа с использованием регрессионной модели, а также приведены данные о ширине доверительного интервала, рассчитанного для вероятности 99%. Как видно из таб. 2, расчётные значения находятся в пределах границ доверительных интервалов. Это позволяет считать, что оценка объёмов сжигаемого на территории газа на основе разработанной регрессионной модели может производиться с приемлемой для практических задач достоверностью.

Итоги

Определена взаимосвязь между величиной объёмов сжигаемого за квартал газа на всей территории нефтедобычи в Ханты-Мансийском автономном округе и количеством действующих на территории факельных установок, определенным на основе космических снимков среднего разрешения Landsat 8.

Выводы

В статье предложен новый подход к оценке объёмов сжигаемого попутного нефтяного газа на нефтедобывающей территории с использованием данных о количестве факельных установок, определяемых по космическим снимкам.

Список литературы

1. Полищук Ю.М., Токарева О.С. Использование космических снимков для экологической оценки воздействия факельного сжигания попутного газа на нефтяных месторождениях Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2014. Том 27. № 7. С. 647–651
2. Elvidge C.D., Zhizhin M., Baugh K., Hsu F.C., Ghosh T. Methods for Global Survey of Natural Gas Flaring from Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Data. // Energies. 2016. Vol. 9, 14. doi:10.3390/en910014
3. Алсынбаев К.С., Брыксин В.М., Евтюшкин А.В., Ерохин Г.Н., Козлов А.В. Оценка мощности факельных установок по сжиганию попутного нефтяного газа на

Год	2013			2014			2015				
	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Объём сжигания ПНГ, млн. м ³	921	823	566	520	620	710	440	487	575	596	371

Таб. 1 — Поквартальная динамика объёмов сжигаемого ПНГ, обнаруженных по космическим снимкам на территории ХМАО.

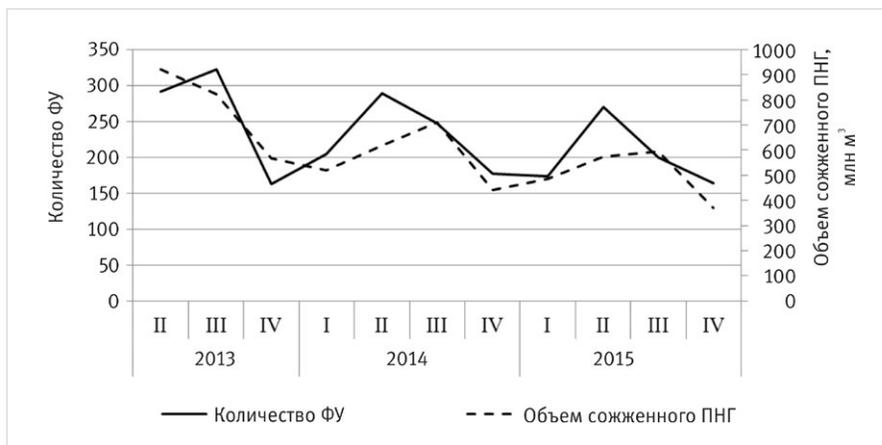


Рис. 1 — Временные ходы объёмов сжигаемого ПНГ и количества действующих ФУ на территории ХМАО

Временной интервал	Объёмы сжигания попутного газа, млн. м ³		
	Фактические	Рассчитанные	Доверительный интервал
I квартал 2016 г.	360	509	314 – 703
II квартал 2016 г.	479	685	478 – 892

Таб. 2 — Сравнение расчётных и фактических данных по объёму сжигаемого ПНГ на территории ХМАО

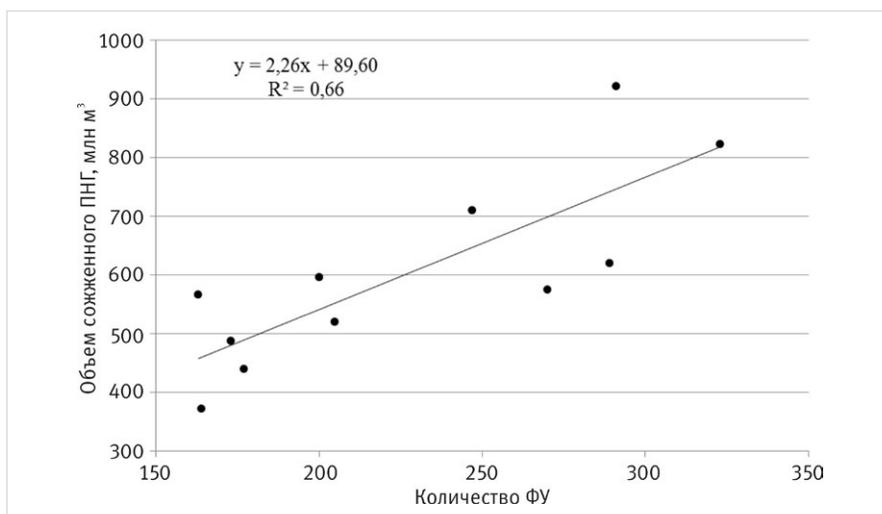


Рис. 2 — Взаимосвязь между объёмом сожжённого ПНГ и количеством действующих ФУ, обнаруженных по космическим снимкам

основе обработки космоснимков MODIS // Вестник БФУ им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2013. №10. С. 131–137.

4. Грибанов К.Г., Захаров В.И., Алсынбаев К.С., Суляев Я.С. Метод определения расхода попутного газа на факелах по данным спутникового зондирования сенсорами типа MODIS в ИК-каналах // Оптика атмосферы и океана. 2007. Т. 20. № 01. С. 68–72.
5. Ежеквартальные отчёты Департамента по недропользованию Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (Депнедра Югры) // Режим доступа: <http://www.depnedra.admhmao.ru/deyatelnost/itogideyatelnosti-otrasli/> (дата обращения: 26.09.2016).

depnedra.admhmao.ru/deyatelnost/itogideyatelnosti-otrasli/ (дата обращения: 26.09.2016).

6. López García M.J., Caselles V. Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. // Geocarto International. 1991. Vol. 6, 1. pp. 31–37. doi:10.1080/10106049109354290
7. Свидетельство 2015612965 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Автоматизированная система выделения термических точек на основе космических снимков Landsat 8. Заявл. 30.12.2014. Запрет. 27.02.2015.

Estimation of the total volume of gas flaring in the oil-producing area using Landsat 8 imagery

UDC 622.691

Authors:

Gleb A. Kochergin — Ph.D., head of laboratory of space-information technologies¹; kocheringa@uriit.ru

Matvey A. Kupriyanov — master, principal specialist of laboratory of space-information technologies¹; kupriuanovma@uriit.ru

Jury M. Polishchuk — Sc. D., principal researcher of Center of remote sensing of Earth^{1,2}; yupolishchuk@gmail.com

¹URIIT, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

²Institute of Petroleum Chemistry, SB RAS, Tomsk, Russian Federation

Abstract

Methodical questions of an estimation of the total volume of gas flaring in the territory of the oil-producing regions, using data on the number of operating in the territory of flares, determined on the basis of satellite images. Based on regression analysis determined the relationship between the volumes of burning gas throughout the oil production areas in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug (KMAO) and the number of operating flares in the territory, which is defined on the basis of satellite images of medium resolution Landsat 8 for the period 2013–2015. Using the obtained regression equation determined value of the volume of flaring gas in the territory of the KMAO during the first half of 2016 are in according with the official data.

Materials and methods

The study was performed using methods of

remote sensing of the Earth from space, and regression analysis of statistical data.

Results

The interrelation between the volume of flared gas per quarter throughout the territory of oil production in the KMAO and the amount of acting flares on the territory, defined on the basis of satellite images Landsat 8.

Conclusions

This paper proposes a new approach to the assessment of the volume of flared gas in the oil-producing area. The approach is based on the number of flares derived from satellite imagery.

Keywords

associated gas, flares, space images, the oil-producing regions

References

- Polishchuk Yu.M., Tokareva O.S. *Ispol'zovanie kosmicheskikh snimkov dlya ekologicheskoy otsenki vozdeystviya fakel'nogo szhiganiya poputnogo gaza na nefyanykh mestorozhdeniyakh Sibiri* [The use of satellite images for ecological estimate of flare firing of gas at oil fields of Siberia]. Atmospheric and Oceanic Optics, 2014, Vol. 27, issue 7, pp. 647–651.
- Elvidge C.D., Zhizhin M., Baugh K., Hsu F.C., Ghosh T. Methods for Global Survey of Natural Gas Flaring from Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Data. *Energies*. 2016. Vol. 9, 14. doi:10.3390/en9010014
- Alsynbaev K.S., Bryksin V.M., Evtyushkin A.V., Erokhin G.N., Kozlov A.V. *Otsenka moshchnosti fakel'nykh ustanovok po szhiganiyu poputnogo nefyanogo Gaza na osnove obrabotki kosmosnimkov MODIS* [Power rating of flares power burning associated gas by processing satellite images MODIS]. *Vestnik BFU im. I. Kanta. Seriya: Fiziko-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*, 2013, issue 10, pp. 131–137.
- Gribanov K.G., Zakharov V.I., Alsynbaev K.S., Sulyaev Ya.S. *Metod opredeleniya raskhoda poputnogo gaza na fakelakh po dannym sputnikovogo zondirovaniya sensorami tipa MODIS v IK-kanalakh* [Method of determination of oil-gas consumption in flares using satellite sounding in IR channels by sensors of MODIS type]. Atmospheric and Oceanic Optics, 2007, Vol. 20, issue 1, pp. 68–72.
- Ezhekvartal'nye otchety Departamenta po nedropol'zovaniyu Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry (Depnedra Yugry)* [Quarterly reports of the Department of Subsoil Use of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Ugra (Ugra Depnedra)]. [Electronic resource]. Access: <http://www.depnedra.admhmao.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-otrasli/> (access date: 26.09.2016).
- López García M.J., Caselles V. Mapping burns and natural reforestation using thematic Mapper data. // *Geocarto International*, 1991, Vol. 6, 1. pp. 31–37. doi:10.1080/10106049109354290
- Certificate of the Russian Federation № 2015612965. Certificate of official registration of the computer program. *Avtomatizirovannaya sistema vydeleniya termicheskikh toчек na osnove kosmicheskikh snimkov Landsat 8* [Automated system of allocation of points based on thermal satellite images Landsat 8]. Statement date 30.12.2014; registration date 02.27.2015.

22-23 МАРТА 2017 г.



Ямало-Ненецкий
автономный округ

г. НОВЫЙ УРЕНГОЙ

Межрегиональная
специализированная
выставка

**ГАЗ. НЕФТЬ.
НОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ –
КРАЙНЕМУ
СЕВЕРУ**

Выставка пройдет
в рамках
Новоуренгойского
газового форума



Организатор выставки:
Администрация г. Новый Уренгой

Оператор выставки:

Экспо SERVICE

ООО «Выставочная компания
Сибэкспосервис»,
г. Новосибирск

Тел.: (383) 335 63 50 – многоканальный
e-mail: ses@avmail.ru
www.ses.net.ru

Генеральный
информационный партнер

ЭКСПОЗИЦИЯ
НЕФТЬ ГАЗ