



УДК 504.054

## ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ФАКЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

### APPLICATION OF DATA TO REMOTE SENSING OF THE EARTH FOR DETECTING FLARE FACILITIES IN THE OIL-PRODUCING TERRITORY OF THE TOMSK REGION

**Днепровская Виктория Петровна**

младший научный сотрудник лаборатории  
«Научно-исследовательский информационный центр  
с музеем нефтей»,  
Институт химии нефти Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИХН СО РАН)  
vpi@ipc.tsc.ru

**Ященко Ирина Германовна**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующая лабораторией «Научно-исследовательский  
информационный центр с музеем нефтей»,  
Институт химии нефти Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИХН СО РАН)  
sric@ipc.tsc.ru

**Алексеева Мария Николаевна**

кандидат географических наук,  
младший научный сотрудник лаборатории  
«Научно-исследовательский информационный центр  
с музеем нефтей»,  
Институт химии нефти Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИХН СО РАН)  
amn@ipc.tsc.ru

**Аннотация.** В данной статье предложена методика детектирования факелов сжигания ПНГ труднодоступной болотистой местности на месторождениях Томской области. Применение спутниковых данных и ГИС-технологий позволило выявить местоположения факельных установок и определять их количество, что оказывает значительную помощь в своевременной оценке экологической ситуации и принятии решений в устранении и профилактики загрязнения окружающей среды. Внедрение методов решения экологических задач с помощью данных дистанционного зондирования поднимает защиту окружающей среды на качественно новый уровень. Установлено, что к 2016 г. на Двуреченском месторождении произошло сокращение количества высокотемпературных участков (действующих факельных установок), уменьшилась площадь негативно воздействия и мощность горения факелов.

**Ключевые слова:** окружающая среда, факельные установки, попутный нефтяной газ, космические снимки, геоинформационные системы, месторождения нефти, Томская область.

**Dneprovskaya Viktoriya Petrovna**

Junior Research Associate,  
Institute of Petroleum Chemistry,  
Siberian Branch of  
the Russian Academy of Sciences  
vpi@ipc.tsc.ru

**Yashchenko Irina Germanovna**

Ph.D. in Geology and Mineralogy,  
Head of the Laboratory,  
Institute of Petroleum Chemistry,  
Siberian Branch of  
the Russian Academy of Sciences  
sric@ipc.tsc.ru

**Alexeeva Maria Nikolaevna**

Ph.D. in Geographical Science,  
Junior Research Associate,  
Institute of Petroleum Chemistry,  
Siberian Branch of  
the Russian Academy of Sciences  
amn@ipc.tsc.ru

**Annotation.** In this article, a technique is proposed for detecting flare facilities of associated petroleum gas combustion in a remote marshy area in the Tomsk region. The use of satellite data and GIS technologies has made it possible to identify the location of flare facilities and to determine their number, which is of considerable help in the timely assessment of the environmental situation and decision-making in the elimination and prevention of environmental pollution. The introduction of methods for solving environmental problems using remote sensing data raises the protection of the environment to a qualitatively new level. It was found that by 2016 a reduction in the number of high-temperature areas (active flare facilities) at the Dvurechenskoye field decreased, the area of negative impact and the burning power of torches decreased.

**Keywords:** environment, flare facilities, associated petroleum gas, satellite images, geoinformation systems, oil fields, Tomsk Region.

Одной из наиболее значимых экологических проблем нефтедобывающих регионов является сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) на нефтяных месторождениях. В результате сжигания в атмосферу выделяются большие объемы экологически опасных продуктов сгорания, которые создают риск ухудшения состояния лесорастительного покрова нефтедобывающих территорий, а выбросы углекислого газа дают значительный вклад в парниковый эффект как один из факто-



ров глобального потепления. По оценкам экспертов, при сжигании 400 м<sup>3</sup> газа выделяется около одной тонны CO<sub>2</sub>. В связи с этим представляет значительный интерес организация спутникового мониторинга территориальных объемов ПНГ, сжигаемого в факельных установках на месторождениях на территории нефтедобывающих регионов.

Особенно важна эта проблема для Томской области, которая занимает одно из лидирующих мест в Западной Сибири по объёму нефтедобычи. Решение этой проблемы ввиду труднодоступности территории является наименее затратным с применением данных дистанционного зондирования (ДДЗ) и осложнено отсутствием достоверной информации о сжигании ПНГ на месторождениях в публикациях.

По данным Министерства природных ресурсов РФ экономические потери от сжигания попутного нефтяного газа в России ежегодно 139,2 млрд руб., а если бы ПНГ перерабатывали, то прибыль могла бы быть порядка 360 млрд рублей в год [1]. Одной из основных причин тройного увеличения объемов извлечения ПНГ в России за последние 20 лет – стал рост добычи нефти в связи с освоением новых месторождений, в том числе, месторождений Восточной Сибири. По данным Центрального диспетчерского управления ТЭК объемы извлекаемого ПНГ максимальны были в 2014 г., далее наблюдается их снижение. При этом возникает вопрос о достоверности данных, получаемых в ходе учета объемов добываемого углеводородного сырья, включая ПНГ, а также доли ПНГ, сжигаемого на факелах [1].

Россия до сих пор является одним из мировых лидеров по объёму сжигания ПНГ, несмотря на то, что уровень факельного сжигания должен достичь 95 %, иначе нефтедобывающие компании обязаны платить высокие штрафы (Постановление Правительства РФ № 1148 от 2012 г.).

По результатам ряда исследований, начиная с 2012 г., публикуется ежегодный обзор совместно со Всемирным фондом дикой природы (WWF) по проблеме использования ПНГ в России. По полученным авторами выводам на основе спутниковых данных, Россия начиная с 2012 г. возглавляет «антирейтинг» стран, сжигая 24 млрд м<sup>3</sup> ПНГ, далее следуют Ирак (17,5 млрд м<sup>3</sup>), Иран (16 млрд м<sup>3</sup>) и США (8 млрд м<sup>3</sup>). По количеству факелов Россия (1814 факелов) также среди «лидеров» (на третьем месте после США и Канады).

По данным официальной статистики уровень полезного использования ПНГ от общих ресурсов ПНГ в России за 2011–2015 гг. медленно растет – с 75 % в 2011 г. до 88 % в 2016 г. [1–4]. В настоящее время в Томской области ситуация по утилизации ПНГ выглядит не лучшим образом, что приводит к высоким рискам для окружающей среды нашей области (рис. 1) [5, 6]. В 2010 г. на месторождениях Томской области уровень сжигания ПНГ в среднем составил 49,2 %. Всего за этот год было добыто 2,3 млрд м<sup>3</sup>, при этом объем использованного ПНГ составил 1,2 млрд м<sup>3</sup>. К 2015 г. добыча ПНГ увеличивается до 3,62 млрд м<sup>3</sup>, а доля сжигания уже составляет 15,5 %. В 2016 г. добыто ПНГ 3,75 млрд м<sup>3</sup>, а доля сжигания осталась на том же уровне в 15,5 %. Хотя согласно постановлению правительства не должна превышать 5 %.

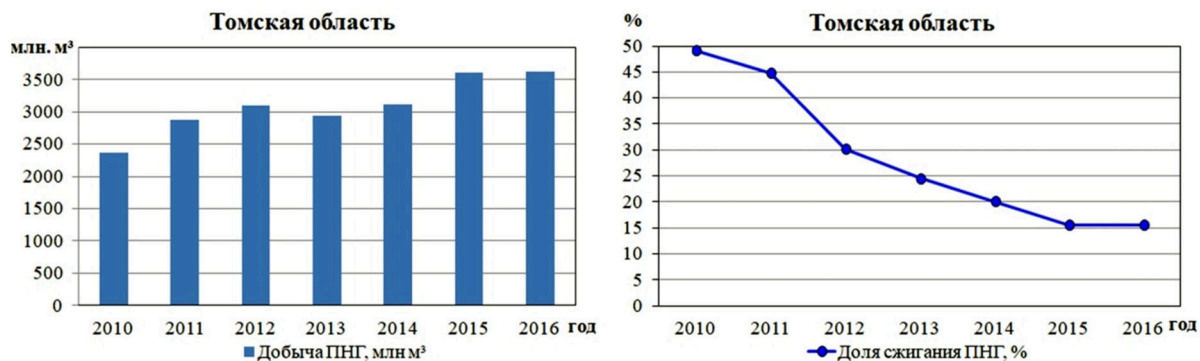


Рисунок 1 – Уровень сжигания ПНГ

В данной работе для определения числа факельных установок (ФУ) на территории Томской области использовались космические снимки среднего пространственного разрешения со спутника Landsat-8, который оснащен двумя сенсорами, первый из них проводит съемку в девяти спектральных каналах видимого, ближнего и коротковолнового инфракрасного диапазонов, второй – в двух тепловых инфракрасных каналах. В данной работе использовались растровые изображения 4, 5, 7 и 11 спектральных каналов.

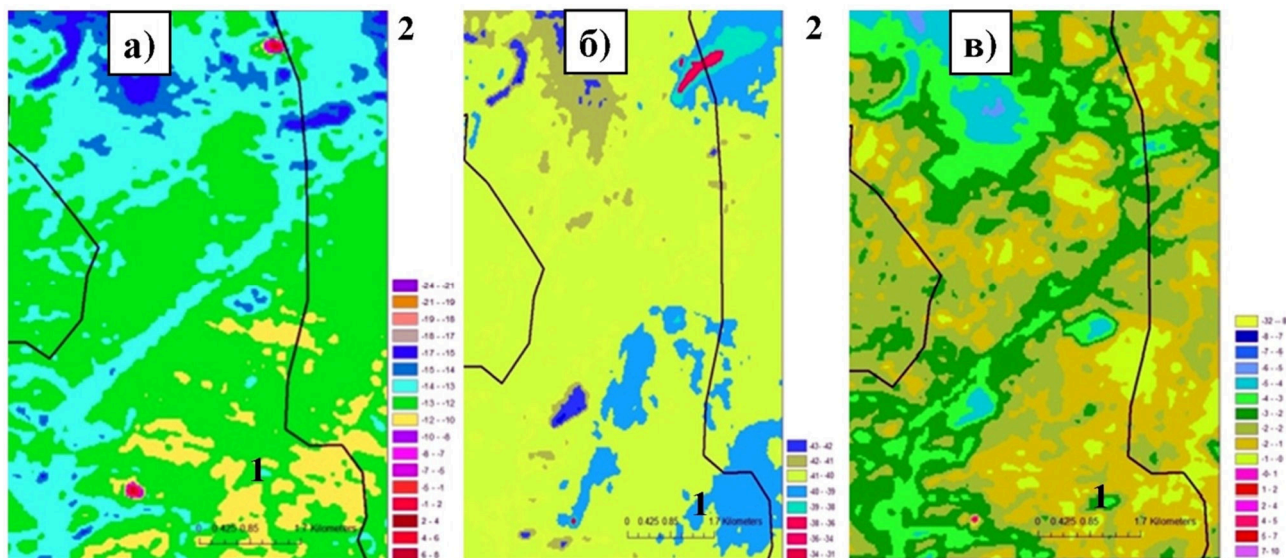
Разработанная методика дистанционного определения количества действующих факельных установок на нефтедобывающей территории по космическим снимкам предполагает выполнение следующей последовательности процедур: предварительная обработка космических снимков; выявление термических точек; идентификация ФУ.

Детектирование факелов сжигания ПНГ и вычисления площади зон теплового воздействия в радиусе действия ФУ на месторождениях Томской области по зимним космическим снимкам прово-



дились исходя из превышения температуры факелов относительно усредненной температуры территории, на которой нет нефтегазовых месторождений (данные с метеостанции Средний Васюган).

В результате обработки космических снимков Landsat-8 были идентифицированы 10 факельных установок на 8 месторождениях Томской области (Крапивинское, Оленье, Столбовое, Катильгинское, Южно-Черемшанское, Ломовое, Двуреченское и Западно-Катильгинское месторождения). Установлено, что на некоторых месторождениях ФУ функционируют с переменным режимом и мощностью. Изменения температурного режима и площадей теплового загрязнения в радиусе действия факельных установок с помощью космических снимков (КС) 2009 г., 2016 г. и 2017 г. рассмотрены на примере Двуреченского месторождения (рис. 2).



**Рисунок 2** – Фрагменты тепловых каналов КС Landsat на Двуреченском месторождении с датами: а) 07.03.2009 г., б) 23.12.2016 г. в) 20.03.2017 г.

На Двуреченском месторождении по состоянию на 07.03.2009 г. площадь зоны теплового воздействия составила 0,13 км<sup>2</sup>, на 23.12.2016 – 0,2 км<sup>2</sup>, а 20.03.2017 г. уже 0,012 км<sup>2</sup>. Двуреченское месторождение нефти имеет запасы 7,6 млн т. В 2013 уровень добычи году составил 47,54 тыс. т. нефти. По состоянию на 07.03.2009 г. на Двуреченском месторождении видны 2 участка с аномальными температурами 9 °С и 4 °С, что превышает фоновые значения (–12 °С) в 1–2 раза. На 23.12.2016 г. на участке виден тепловой шлейф площадью 0,18 км<sup>2</sup> и невысокой относительно фона температурой – 37 °С. В 2017 г. температура на одном участке с одним факелом составила 2 °С, а окружающей территории – 3 °С.

Как видно из рис. 2, зоны теплового загрязнения имеют практически круглую форму вследствие невысоких скоростей ветра в указанные даты съемки. Контуры площадей учитывались с учётом скорости и направления ветра.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о сокращении к 2016 г. сжигания ПНГ на Двуреченском месторождении и уменьшении площади и мощности горения факелов. Действительно, в 2013 г. на этом месторождении была введена в действие газотурбинная электростанция, которая позволяет повысить уровень использования ПНГ.

Таким образом, по Томской области полученные результаты свидетельствуют о сокращении сжигания ПНГ на исследуемых месторождениях, уменьшении площади негативного воздействия и мощности горения факелов. Таким образом, предложенный подход позволяет систематически получать и учитывать информацию по количеству высокотемпературных участков труднодоступных нефтедобывающих территорий, что позволяет в дальнейшем проводить мониторинговые исследования и анализировать данные по объемам производства и сжиганию ПНГ.

**Литература:**

1. Книжников А.Ю., Тетельмин В.В., Бунина Ю.П. Аналитический доклад по проблеме использования попутного нефтяного газа в России. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2015. – 62 с.
2. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!». Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России / П.А. Кирюшин [и др.]. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 88 с.



3. Книжников А.Ю., Ильин А.М. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России – 2017. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. – 32 с.
4. Кутепова Е., Книжников А., Кочи К. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России: ежегодный обзор. Вып. 4. – М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2012. – 35 с.
5. Жарова Т.Ю. Анализ экономической эффективности внедрения на месторождения технологий по утилизации попутного нефтяного газа (в условиях Томской области) [Электронный ресурс] / Информационно-аналитическое агентство «Нефтегаз». – URL : <http://gr.neftegaz.ru/ru/content/science/438.html> (дата обращения 28.03.2018).
6. Ильин Н.Н. Итоги деятельности предприятий нефтегазодобывающего комплекса Томской области в 2015 году и планы на 2016 год // Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа : Материалы 7-ой Всероссийской научно-практической конференции. – Томск : Изд-во ИОА СО РАН, 2016. – С. 8–21.

#### References:

1. Knizhnikov A.Yu., Tetelmin V.V., Bunin Yu.P. The analytical report on a problem of use of associated petroleum gas in Russia. – М. : World Wildlife Fund (WWF), 2015. – 62 p.
2. Associated petroleum gas in Russia: «It is impossible to burn, to overwork!». The analytical report on economic and ecological costs of combustion of associated petroleum gas in Russia / P.A. Kiryushin [etc.]. – М. : World Wildlife Fund (WWF), 2013. – 88 p.
3. Knizhnikov A.Yu., Ilyin A.M. Problems and the prospects of use of associated petroleum gas in Russia – 2017. – М. : World Wildlife Fund (WWF), 2017. – 32 p.
4. Kuteпова E., Knizhnikov A., Kochi K. Problems and the prospects of use of associated petroleum gas in Russia: annual review. Issue 4. – М. : World Wildlife Fund (WWF), 2012. – 35 p.
5. Zharova T.Yu. The analysis of economic efficiency of introduction on fields of technologies for utilization of associated petroleum gas (in the conditions of the Tomsk region) [An electronic resource] / Information and analytical agency «Neftegaz». – URL : <http://gr.neftegaz.ru/ru/content/science/438.html> (date of the address 3/28/2018).
6. Ilyin N.N. Results of activity of the enterprises of an oil and gas extraction complex of the Tomsk region in 2015 and plans for 2016 // Production, preparation, transport of oil and gas: Materials of the 7th All-Russian scientific and practical conference. – Tomsk : IOA Siberian Branch of the Russian Academy of Science publishing house, 2016. – P. 8–21.