

УДК 502.5: 504.055: 504.32: 504.3.054

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО СТЕПНОГО РЕГИОНА В СВЯЗИ С РАЗРАБОТКОЙ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

© 2020 г. К. В. Мячина^{1,*}, академик РАН А. А. Чибилёв¹

Поступило 06.02.2020 г.

После доработки 10.02.2020 г.

Принято к публикации 17.02.2020 г.

Основными источниками теплового воздействия на ландшафты при разработке нефтяных месторождений являются факельные установки для сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ). В качестве объекта исследования выбран Волго-Уральский степной регион, на территории которого производится 22% российского объема нефти, что приводит к образованию больших объемов утилизируемого ПНГ. Проведенные исследования были направлены на выявление действительного количества действующих источников сжигания ПНГ и оценку теплового загрязнения окружающих ландшафтов. На основе специализированного анализа изображений спутников Ландсат на ключевой территории площадью 77 000 км² идентифицировано 112 термоточек. Установлено, что функционирование одной факельной установки приводит к повышению температуры земной поверхности и приповерхностного слоя воздуха более чем на 8 градусов в радиусе от 30 до 350 м от точки открытого огня. При функционировании одного факела происходит повышение температуры в среднем на площади 0.085 км², что подтверждает формирование так называемых “островков тепла”. При сжигании ПНГ с использованием 112 факелов возможно повышение температуры на площади более чем 10 км². В процессе сжигания ПНГ происходит как нагревание участков атмосферы, так и ее загрязнение на обширных площадях. Длина дымового газового шлейфа от одной факельной установки может достигать 11 км и рассеиваться на ширину до 3 км, охватывая площадь более 30 км². Одним из последствий сжигания ПНГ является формирование очагов изменения микроклимата.

Ключевые слова: степная зона, добыча нефти, попутный нефтяной газ, факельная установка, сжигание, тепловое загрязнение, повышение температуры

DOI: 10.31857/S2686739720050163

Основными источниками теплового воздействия на ландшафты при разработке нефтяных месторождений являются факельные установки открытого типа для сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ). Тепловое воздействие на ландшафты не приводит к быстрым очевидным последствиям, поэтому часто при экологических оценках этому виду техногенного влияния не уделяется должного внимания. Однако длительное воздействие высоких температур на окружающую среду может повлечь за собой изменение циркуляционного режима атмосферы с появлением и учащением региональных климатических аномалий [3, 6].

По данным Всемирного банка, Россия занимает первое место в мире по объемам сжигания попутного нефтяного газа [10]. Несмотря на По-

становление Правительства Российской Федерации № 7 от 08.01.2009 г. “О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках”, согласно которому целевой показатель сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках на 2012 и последующие годы не должен превышать 5% от объема добытого ПНГ, значительное количество факельных установок продолжает функционировать (рис. 1). Более того, указанное постановление утратило силу в 2016 г., наряду с попытками нефтегазодобывающих компаний снизить коэффициенты при расчете штрафов за сверхнормативное сжигание ПНГ [2]. При этом сжигание ПНГ на факелах является наименее рациональным способом его использования: существует множество вариантов утилизации, а упущенная выгода от каждого млрд м³ газа, не вовлеченного в сферу переработки, составляет 270 млн долларов [1].

¹ Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, Оренбург, Россия

*E-mail: orensteppe@mail.ru



Рис. 1. Сжигание ПНГ при разработке Загорского месторождения нефти в Оренбургской области.

На территории Волго-Уральского степного региона добывается около 20% российского объема нефти [9], что приводит к образованию больших объемов сжигаемого на факельных установках попутного нефтяного газа. В пределах региона выбрана ключевая территория, на которой были проведены исследования по оценке теплового загрязнения в процессе сжигания ПНГ.

Официальные данные, получаемые от нефтегазодобывающих компаний, порой не учитывают все действующие факелы по сжиганию ПНГ. В связи с этим были поставлены задачи:

- выявить на ключевой территории все действующие установки по сжиганию ПНГ;
- дать количественную и качественную оценку теплового загрязнения природной среды.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для выявления факельных установок, функционирующих на ключевой территории исследования, использовались снимки спутников Ландсат, находящиеся в свободном доступе (<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat>). На ключевой территории исследования площадью 77000 км², расположенной в пределах степной и лесостепной зон Волго-Уральского региона (Заволжье и Общий Сырт), размещены около 200 нефтегазовых месторождений. Данная территория находится в границах одной сцены спутника Ландсат (рис. 2).

В процессе экспертного анализа изображений Ландсат-8 авторами установлено, что источники открытого огня хорошо выявляются при отображении зимних снимков в сочетании каналов инфракрасного спектра. Подобное отображение снимков позволяет идентифицировать местонахождения термоточек в границах месторождений и соответственно решить первую задачу исследования (рис. 3).

В ходе наземных исследований было выявлено, что вблизи горящих факелов сжигания ПНГ, особенно наземных горизонтальных установок, отмечается повышение температуры приземного слоя атмосферы. Точки размещения нескольких факельных установок были зафиксированы с помощью GPS-навигатора. На основе тематической обработки тепловых каналов снимков Ландсат-8 в специализированном ПО ENVI 5.2 произведен анализ изменения температуры земной поверхности в радиусе действия факельных установок с шагом 30 м (1 пиксель изображения Landsat). Указанный способ позволяет установить основные параметры теплового воздействия на ландшафты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С помощью изображения Ландсат-8 на ключевой территории исследования в границах нефтегазопромыслов обнаружено 112 термоточек. Выявлено, что при функционировании факельных установок температура земной поверхности может увеличиваться более чем на 8 градусов в радиусе от 30 до 350 м от точки открытого огня (рис. 4).

Согласно исследованиям V.N. Ojeh [11], в регионах влажного экваториального климата с преобладанием густого лесного покрова, расстояние, на котором наблюдается измененная газовым факелом температура, может достигать 450 м. Таким образом, в условиях степной зоны можно говорить о действии ряда специфических характеристик в формировании рассеивающей способности атмосферы: низкой влажности, преобладании ветреной погоды над безветренной, отсутствии природно-географических рубежей рассеивания геохимических потоков в атмосфере.

Проведенные расчеты показали, что одна факельная установка может привести к изменению температуры поверхности ландшафта и приземного слоя атмосферы в среднем на площади 0.085 км², то есть при сжигании ПНГ на 112 установках возможно повышение температуры от 1 до 8°C на площади более чем 10 км². Результаты выполненных измерений и подсчетов доказывают формирование в Волго-Уральском степном регионе так называемых “островков тепла”, являющихся результатом функционирования факельных установок нефтегазовых месторождений. Термин “островки тепла” (англ. “heat islands”) широко используется в мировой науке для характеристики тепловых аномалий, имеющих антропогенное происхождение [11]. Можно предположить, что формирование подобных тепловых аномалий в районах нефтегазодобычи способно привести к повышению фоновой температуры окружающей среды, которое может быть выявлено в результате анализа долговременного ряда тем-

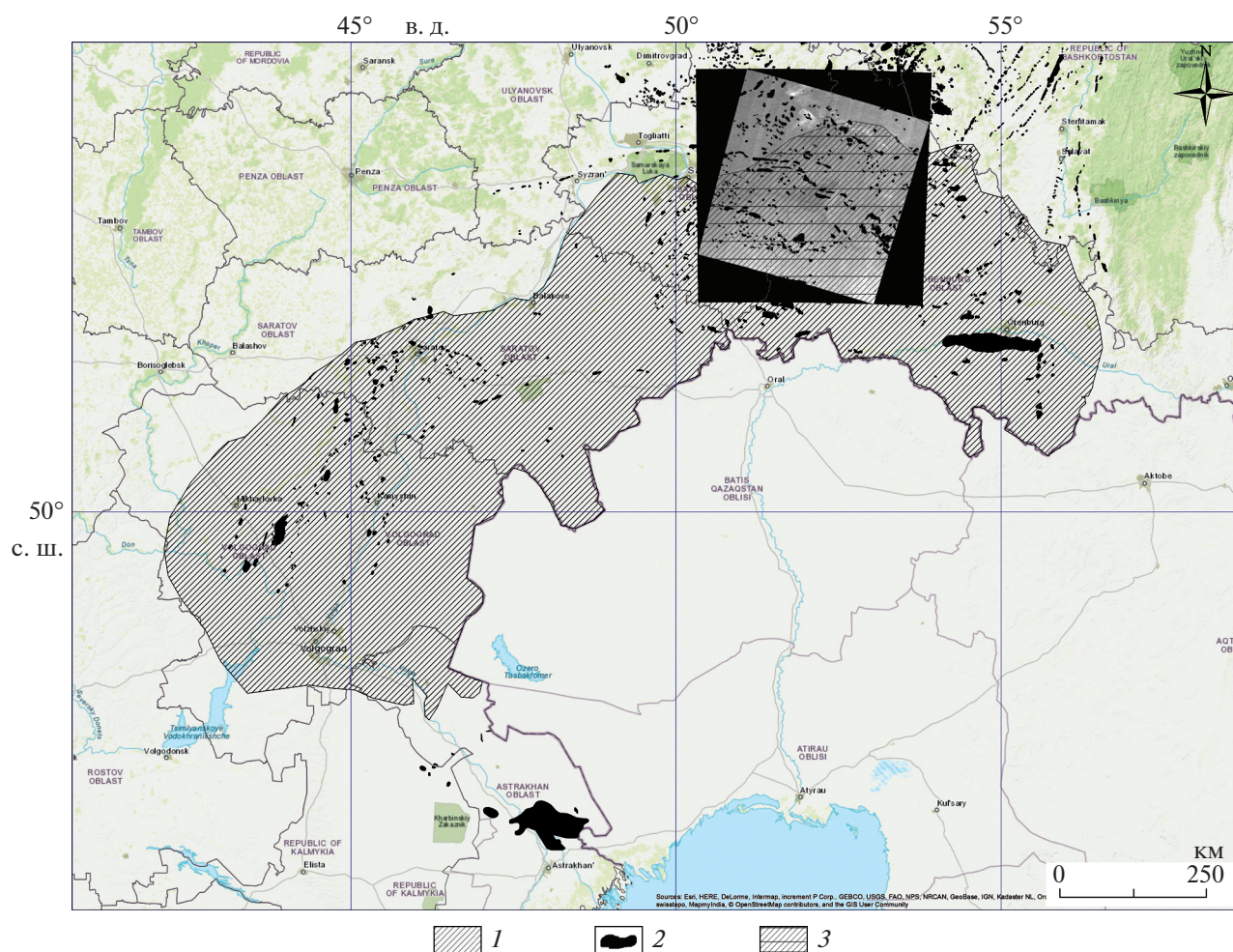


Рис. 2. Ключевая территория исследования в границах Волго-Уральского степного региона: 1 – Волго-Уральский степной регион, 2 – нефтяные месторождения (согласно открытым данным ФАН “Роснедра” [7]), 3 – ключевая территория исследования.

пературных данных, имеющихся на локальных метеостанциях.

Согласно некоторым данным, на одну тонну сгоревшего в факеле попутного газа приходится в среднем 50–80 кг выбросов загрязняющих веществ [4], основными из которых являются CO , NO_2 , SO_4 и CH_4 , летучие органические соединения и полициклические ароматические углеводороды [11]. На космических изображениях зимних снимков Ландсат можно четко проследить размеры дымового шлейфа и площадь его рассеивания (см. рис. 3). Длина дымового газового шлейфа может достигать 11 км и рассеиваться на ширину до 3 км, покрывая площадь более чем в 30 км^2 по любому румбу, в зависимости от направления, скорости ветра и прочих метеорологических условий в момент сжигания ПНГ. Продукты сгорания могут накапливаться, например, в сельскохозяйственных насаждениях [8] в случае их соседства с нефтегазовыми промыслами на территории

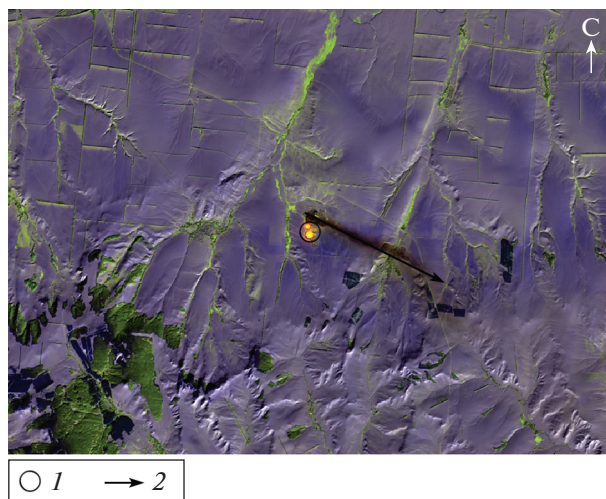


Рис. 3. Идентификация факельных установок на основе изображений Ландсат: 1 – факельная установка, 2 – направление распространения газового шлейфа.

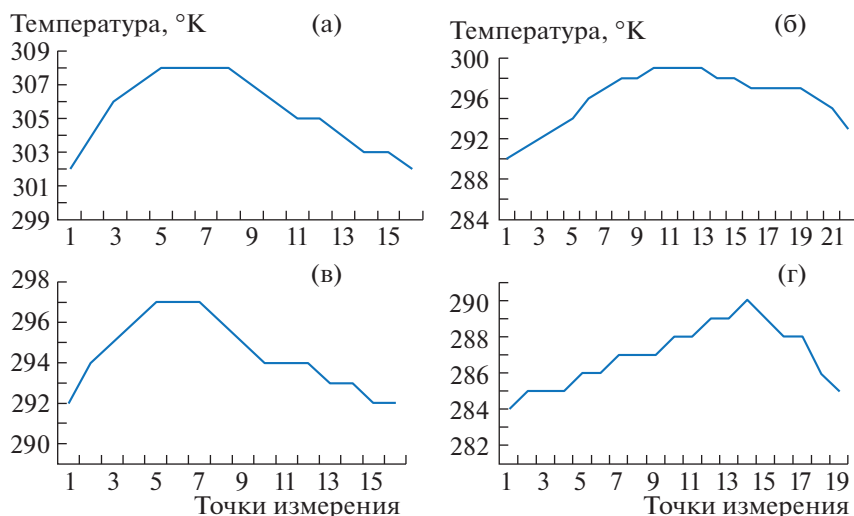


Рис. 4. График изменения температуры земной поверхности в радиусе действия факельных установок по данным термомоканала спутника Ландсат: (а) Боголюбовского месторождения; (б) Покровского месторождения; (в) Первомайского месторождения; (г) Герасимовского месторождения. Расстояние между точками измерения составляет 1 пиксель (30 м). Источник тепла (факел) расположен в точке максимального значения температуры.

степной зоны. В частных разговорах местные сельхозпроизводители, ведущие сельскохозяйственные работы в зонах действия факельных установок, называют прилегающие территории не иначе как “техногенными пустошами” и “бесполезными землями”. Интересен также факт, что в Оренбургской области, являющейся лидером по добыче нефти и газа в Волго-Уральском степном регионе, в структуре первичной заболеваемости населения лидируют болезни органов дыхания — 42.9%, причем ежегодно наблюдается явный тренд к увеличению заболеваемости [5].

К сожалению, в настоящее время в России отсутствует соответствующий общественный контроль за утилизацией ПНГ. В связи с этим населению остается надеяться лишь на сознательность руководителей нефтегазодобывающих компаний и добросовестное исполнение своих обязанностей экологическими контрольно-надзорными органами. Однако только независимая от компаний-недропользователей экологическая экспертиза, объективный мониторинг глубины и масштабов трансформации природных комплексов в сочетании с усилением профессионального контроля за текущими сценариями природопользования будут способствовать сохранению и восстановлению степных ландшафтов, снижению риска их техногенной деградации.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено в рамках темы НИР ИС УрО РАН №ГР АААА—А17—117012610022—5 (Госзадание).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева М.Н., Перемитина Т.О., Яценко И.Г. // Геоинформатика. 2015. №. 3. С. 2—6.
2. Аналитический доклад по проблеме рационального использования попутного нефтяного газа в России // Публикация Всемирного фонда дикой природы (WWF). 2015. <http://new.wwf.ru/resources/publications/booklets/analiticheskiy-doklad-po-probleme-ratsionalnogo-ispolzovaniya-poputnogo-neftyanogo-gaza-v-rossii>
3. Борисенков Е.П. Климат и деятельность человека. М.: Наука, 1982. 138 с.
4. Васильев А.А., Матвеев Н.И., Лукиных В.Б., Аликин В.Н. // ЭКиП: Экология и пром-сть России. 2004. № 5. С. 16—19.
5. Государственный доклад “О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Оренбургской области в 2017 году”. Оренбург, 2018. 246 с. http://56.rosпотребнадзор.ru/docs/documents/gosdoklad/gos_doklad_2017.pdf
6. Мартазинова В.Ф., Тимофеев В.Е. // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. №. 3. С. 80.
7. Федеральное агентство по недропользованию “Роснедра”: единое окно доступа к информационным ресурсам. <https://sobr.geosys.ru/?ctrl=GisSOBR>
8. Dung E.J., Bombom L.S., Agusomu T.D. // GeoJournal. 2008. Т. 73. №. 4. С. 297—305.
9. Energy Information Administration. 2017. <https://www.eia.gov/beta/international/analysis.cfm?iso=RUS>
10. New Satellite Data Reveals Progress: Global Gas Flaring Declined in 2017. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/07/17/new-satellite-data-reveals-progress-global-gas-flaring-declined-in-2017>
11. Ojeh V.N. // Resources and Environment. 2012. V. 2. № 4. С. 169—174.

ANALYSIS OF THERMAL POLLUTION OF THE VOLGA-URAL STEPPE LANDSCAPES CAUSED BY DEVELOPMENT OF OIL FIELDS

K. V. Myachina^{a,#} and Academician of the RAS A. A. Chibilyev^a

^a *Institute of Steppe, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation*

[#] *E-mail: orensteppe@mail.ru*

The main sources of thermal impact on the oil and gas development landscapes are flares for the combustion of associated petroleum gas (APG). The Volga-Ural steppe region was chosen as the object of the study, where about 22% of the Russian oil volume is produced, which leads to the formation of large volumes of utilized APG. The studies were aimed at identifying the actual number of existing sources of APG combustion and assessing the thermal pollution of the region. 112 thermal points have been identified on the basis of specialized analysis of Landsat satellite images in a key area of 77 000 km². It is established that the operation of one flare unit leads to an increase in the temperature of the soil surface and the surface layer of air by more than 8 degrees within a radius of 30 to 350 m from the point of fire. With the operation of one flare, the temperature increases on average area of 0.085 km², which confirms the formation of the so-called "Islands of heat". At the APG utilization by the 112 flares may increase the temperature in an area of over 10 km². In the process of APG combustion there is a significant heating of the atmosphere and its pollution on large areas. The length of the flue gas plume from one flare unit can reach 11 km and dissipate by a width of up to 3 km, covering an area of more than 30 km². One of the consequences of APG combustion is the formation of local microclimate changes.

Keywords: steppe zone, oil production, associated petroleum gas, gas flare, combustion, thermal pollution, temperature rise