



ИГКЭ

Использование данных спутникового мониторинга для оценки выбросов черного углерода от сжигания попутного нефтяного газа на факелах в регионах Арктической зоны РФ

Зеленова М.С., Гинзбург В.А., Трифонова-Яковлева А.М., Кудрявцева Л.В., Попов Н.В.

ФГБУ «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля»

Введение

Арктический регион очень чувствителен к антропогенному воздействию на наземные экосистемы и к факторам, влияющим на изменение климата. Скорость потепления в Арктике почти в два раза превышает средний мировой показатель. Короткоживущие климатически активные вещества обладают значительно меньшим временем жизни, чем углекислый газ, что делает снижение их выбросов одним из приоритетных путей смягчения климатических изменений в региональном разрезе.

Черный углерод имеет положительный эффект воздействия на изменение климата посредством нескольких механизмов:

- прямое поглощение солнечной радиации,
- уменьшение альbedo снега,
- увеличение таяния снега,
- изменение солнечной отражательной способности облаков через различные взаимодействия облаков с влажностью атмосферы.

Данные об источниках черного углерода в Российской Арктике неточны из-за отсутствия наблюдений и сбора качественных исходных данных. Черный углерод не входит ни в одну из государственных отчетностей и не измеряется на сетях мониторинга, поэтому в настоящее время, не существует единой методики для оценки выбросов черного углерода. Результаты оценок сильно расходятся, нет четкой определенности в разбивке по категориям источников. В результате, неопределенность в данных составляет 59-349%. При этом значительный вклад в эту неопределенность вносят и разночтения в терминологии (зачастую понятие сажи приравнивается к черному углероду) [1].

Учитывая, что на данный момент статистические данные о выбросах на территории России, используемые в оценке эмиссии и воздействия черного углерода на Арктический регион включают в себя выбросы только от крупных стационарных источников, без разделения по времени года и субъектам РФ, единственным средством, обеспечивающим непрерывность и глобальность наблюдений, становятся данные спутникового мониторинга.

Литература:
1. Процессы и последствия дальнего атмосферного переноса черного углерода и радионуклидов в Арктике. Сведения о результатах НИОКР: АААА-Б19-219081290057-0.

Методология

Прибор VIIRS на борту спутника SUOMI NPP позволяет получить данные о местоположении факелов сжигания попутного нефтяного газа, температуру горения, а также ряд других параметров (рис. 1). В работе были проанализированы и сравнены существующие подходы к оценке выбросов черного углерода от сжигания ПНГ в регионах Арктической зоны РФ с использованием данных ДЗЗ [2-4], а также рассмотрена возможность использования таких данных для регулярного мониторинга эмиссий. Используя данные об объемах сжигания ПНГ на факелах и Российскую методику расчета выбросов от факельных установок [5] были сделаны предварительные оценки к определению выбросов черного углерода.

Российская методика дает различные удельные выбросы сажи в зависимости от параметров и расположения факельных установок и сжигаемой углеводородной смеси: 0,002 г/г для горизонтальных высотных установок и некондиционных газовых и газоконденсатных смесей; 0,03 г/г для наземных установок и некондиционного углеводородного конденсата. При отсутствии конкретных данных о системах сжигания принимается среднее значение 0,016 г/г, что при средней плотности углеводородной смеси 0,82 кг/м³ составляет 0,013 Гг/млн м³ сожженного газа.

Поскольку выбросы сажи, определяемые по российским методикам, содержат частицы всех размеров, выделение из них доли твердых частиц размером не более 2,5 мкм (ТЧ_{2,5}), отвечающих за выход черного углерода, оценивается по формуле:

$$ТЧ_{2,5} = КТЧ_{2,5} / (КТЧ_{10} + КТЧ_{2,5}),$$

где ТЧ_{2,5} – доля выброса ТЧ_{2,5} в выбросах золы. КТЧ₁₀, КТЧ_{2,5} – коэффициенты выбросов твердых частиц размером 10 мкм и 2,5 мкм, равные 2,6 кг/Мг сожженного газа.

Доля черного углерода в выбросах ТЧ_{2,5} для факельных установок принималась по данным ЕМЕП [6] равной 0,24 для факельного сжигания при добыче нефти и газа. С учетом этого средний коэффициент выбросов ЧУ составил 0,013*0,5*0,24 = 1,6 г/м³. В обзоре [7] коэффициент выбросов варьируется в разных исследованиях от 0,57 г/м³ до 2,56 г/м³, что не противоречит нашим данным.

Поскольку алгоритм VIIRS Nightfire работает для распознавания и описания «горячих точек» ночной поверхности Земли, была рассмотрена возможность косвенной оценки данных по объемам сжигания ПНГ в период «полярного дня» на основе данных спектрометра TROPOMI (спутник Sentinel-5P). В первую очередь рассматривались данные по оксиду азота (NO₂) и окиси углерода (CO). Области превышения концентраций данных газов (для тестового района) имеют хорошую корреляцию с местоположением объектов добычи или переработки нефти/газа.

- Литература:**
2. Алсынбаев К. С., Брыкин В. М., Естюшин А. В., Ерохин Г. Н., Козлов А. В. Оценка мощности факельных установок по сжиганию попутного нефтяного газа на основе обработки космических MODIS 2013 Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 10. С. 131–137.
 3. 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.
 4. Elvidge, C. D., Zhizhin, M., Baugh, K. E., Hsu, F.-C., Ghosh, T. Methods for Global Survey of Natural Gas Flaring from Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Data // Energies. Vol. 9. 2016. Pp. 1–15.
 5. Методика расчета параметров выбросов и валовых выбросов вредных веществ от факельных установок сжигания углеводородных смесей. Москва. ВНИИгаз. 1996.
 6. ЕМЕП/ЕАОС, 2016. Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов 2016. Общие руководящие указания по подготовке национальных инвентаризационных выбросов. ЕАОС, Копенгаген, 2016.
 7. Evans M., Kholod N., Kuklinskii T., Denysenko A., Smith S.J., Staniszewska A., Wei Min Haod, Liang Lue, Tami C. 2017. Black carbon emissions in Russia: A critical review. - At-mospheric Environment, No 5.

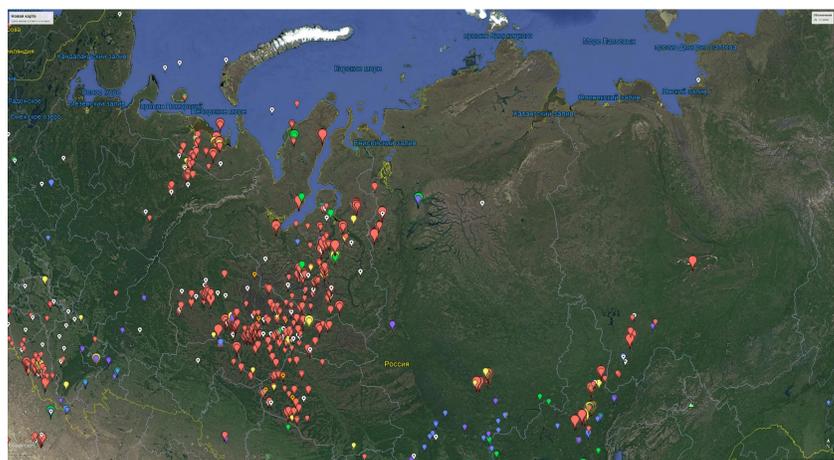


Рисунок 1. Пример расположения источников сжигания, обнаруженных на основе данных VIIRS (https://eogdata.mines.edu/download_viirs_fire.html, файл от 31.01.2019).

Результаты

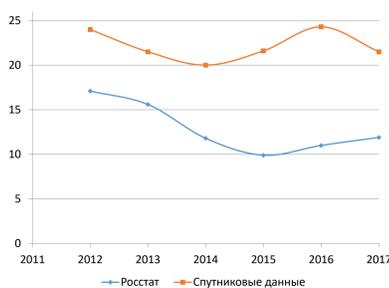


Рисунок 2. Сравнение объемов сжигания ПНГ (млрд. т) по данным спутникового мониторинга и официальной статистики

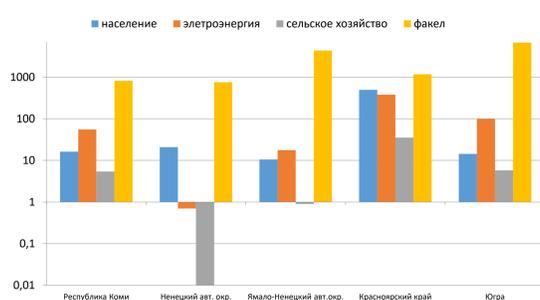


Рисунок 3. Выбросы черного углерода от факелов и стационарных источников в арктических регионах России (т)

Из рисунков 3 и 4 видно, что в арктических регионах сжигание ПНГ на факелах является основным источником выбросов черного углерода. Выбросы от этой категории составляют 70% от выбросов черного углерода от стационарных источников в Арктическом регионе России. Для сравнения, доля выбросов ЧУ от стационарных источников равна 24% [1].

По полученным оценкам, суммарный выброс черного углерода в России составил в разные годы от 73 до 143 тыс.т., вклад от сжигания попутного нефтяного газа на факелах составил в среднем 20% от общего объема по основным источникам выбросов. При этом доля выбросов не равномерна и зависит от региона. Следует отметить большее скопление факелов именно в Арктической зоне РФ в регионах активной нефте- и газодобычи - Ямало-Ненецком АО и Ненецком АО.

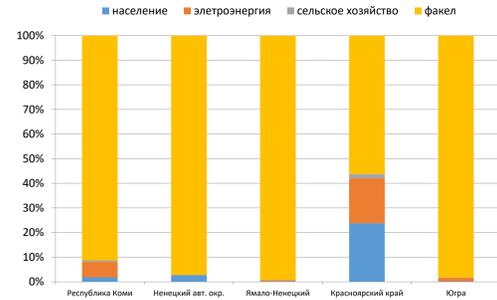


Рисунок 4. Процентное соотношение выбросов черного углерода от различных источников

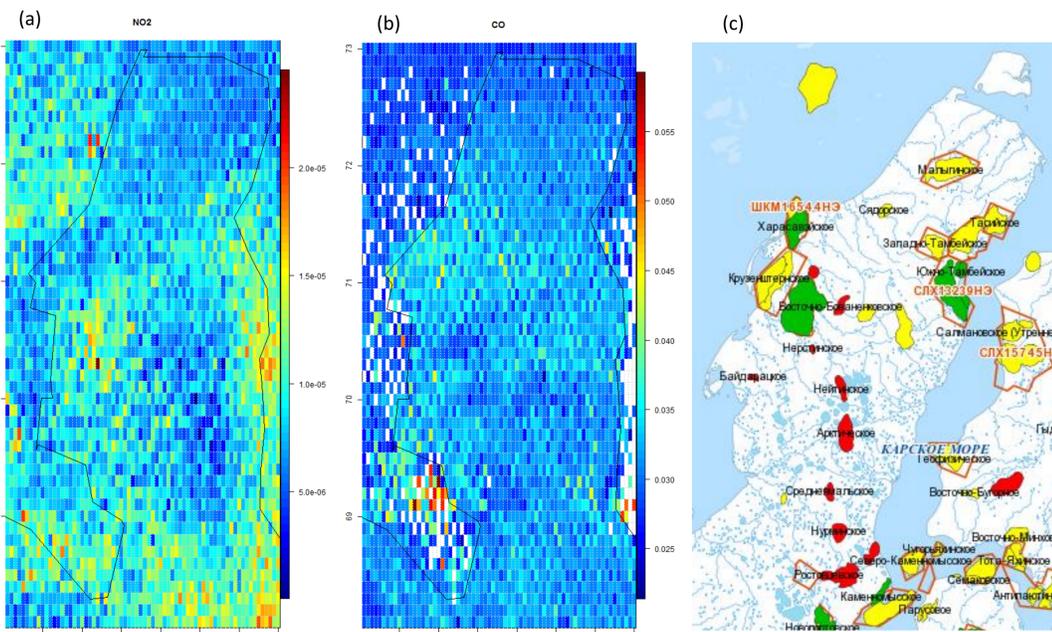


Рисунок 5. Среднее содержание NO₂ и CO в столбе тропосферы по данным TROPOMI (спутник Sentinel-5P) за период с 01.07.2019 по 07.07.2019 (a, b) и местоположение объектов добычи или переработки нефти/газа (c)

На рисунке 5 представлены средние содержания NO₂ и CO - основных газов, выделяющихся при сгорании попутного нефтяного газа. Над районами нефтедобычи и горения факелов, обнаруженными по данным VIIRS, наблюдается повышенное содержание NO₂ и CO. Тестовый район ЯНАО с указанием объектов добычи или переработки нефти/газа приведен на рисунке 5с (интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации <https://map.mineral.ru/Auth/login.aspx?returnurl=%2FStandard%2F%3F%3Dru&l=r>). Из рисунков видно, что наилучшая корреляция наблюдается по среднему содержанию NO₂.

Дальнейшее исследование с большим периодом осреднения и пространственным разрешением, с учетом расположения факелов, позволит оценить вклад от сжигания ПНГ в загрязнение атмосферы, области повышенного содержания газов.

- Литература:**
8. Национальный доклад о Кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2015 гг. Часть 1 Москва 2017.
 9. Матвеев А.М., Жижин М.Н., Пойда А.А. Спутниковый мониторинг сжигания попутного нефтяного газа в России // Экономическая политика. Подана на рецензию 23.10.2018.

Заключение

Сделаны предварительные оценки к определению выбросов черного углерода от сжигания попутного нефтяного газа на факелах в регионах Арктической зоны РФ с использованием спутниковых данных. В дальнейшем по мере расшифровки данных, определения координат источников, их температуры и режима сжигания результаты будут уточняться.