



# Вариации аэрозольной оптической толщи, черного углерода, угарного газа и метана по спутниковым наблюдениям атмосферы в сезон лесных пожаров в районе Якутска в 2019-2021 гг.

**Родионова Н.В.**

*Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН, г. Фрязино*

**XIX Всероссийская Открытая конференция «Современные проблемы ДЗЗ из космоса»  
(15-19 ноября 2021, ИКИ, Москва)**



## Введение



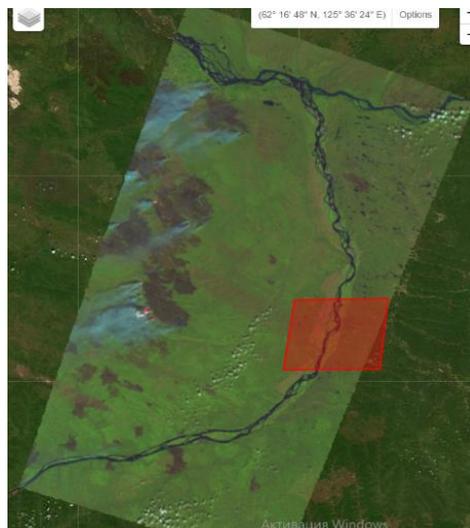
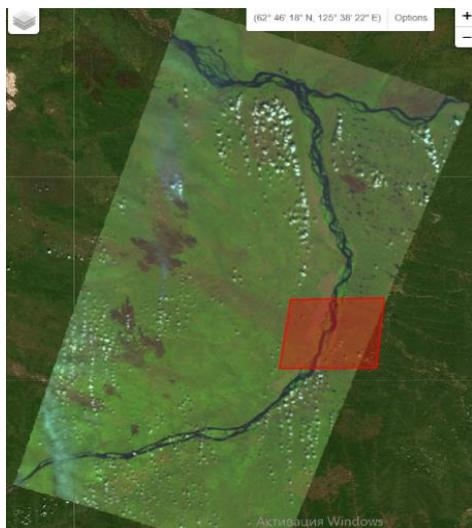
Лесопожарная обстановка в Якутии традиционно достаточно сложная, что связано прежде всего с тем, что в республике очень засушливое и жаркое лето: апрель, май, июнь, июль — это обычно засушливый период, когда очень мало осадков, в некоторые годы их вообще не бывает. Июнь 2021 года за всю историю для центральных районов республики выдался самым жарким и сухим с 1888 года. Масштабные пожары, уничтожающие десятки тысяч гектаров тайги — дело для региона традиционное. Бореальные леса в Якутии, занимающие около 47% ее площади, в 2021 году горели с мая месяца. В Якутске, где проживает треть всего населения региона, плотность взвешенных частиц в воздухе порой в 15–30 раз превышала предельно допустимую концентрацию (<https://regnum.ru/news/society/3335864.html>).

В данной работе исследовались вариации атмосферного аэрозоля, черного углерода, концентрации угарного газа и метана, вызванные лесными пожарами в центральной части Якутии (междуречье Вилюй-Лена-Алдан) в летний сезон 2019 - 2021 годов. Работа проведена на базе системы анализа и визуализации данных Giovanni (<http://giovanni.gsfc.nasa.gov>).



## Исходные данные

Объектом исследования является Якутск с окрестностями в период 2019-2021 гг. Столица региона в летний период 2021 года была регулярно затянута дымом, концентрация загрязняющих веществ в воздухе превышала норму в несколько раз. На рисунке 1 показаны снимки Landsat 8 (L2 уровень) за 28 июня, 30 июля и 31 августа 2021 года (<https://earthexplorer.usgs.gov>), демонстрирующие динамику изменения площади гарей в регионе вблизи Якутска (красный четырехугольник).



28.6.21

30.7.21

31.8.21

Рис. 1. Снимки Landsat 8 за 28 июня, 30 июля и 31 августа 2021 года



# Спутниковая оценка состояния атмосферы



В данной работе исследовались вариации аэрозольной оптической толщи (АОТ), черного углерода (ЧУ), концентрации CO и CH<sub>4</sub> на фоне лесных пожаров в Якутии в летний сезон 2019-2021 гг. Работа проведена на базе системы анализа и визуализации данных Giovanni (<http://giovanni.gsfc.nasa.gov>).

## Наземная и спутниковая оценка АОТ

В работе проводится сопоставление наземных измерений значений АОТ солнечным фотометром CIMEL-318 (уровень 1.5, усреднение за день, длина волны 500 нм) на станции AERONET в Якутске (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov>) с измерениями инструмента OMI спутника AURA (длина волны 500 нм, продукт OMI OMAERUVd v003, пространственное разрешение 1°x 1° (широта x долгота)).

В таблице 1 приведены значения коэффициента корреляции Спирмена  $\rho_s$  между наземными и спутниковыми измерениями АОТ (N – количество измерений).

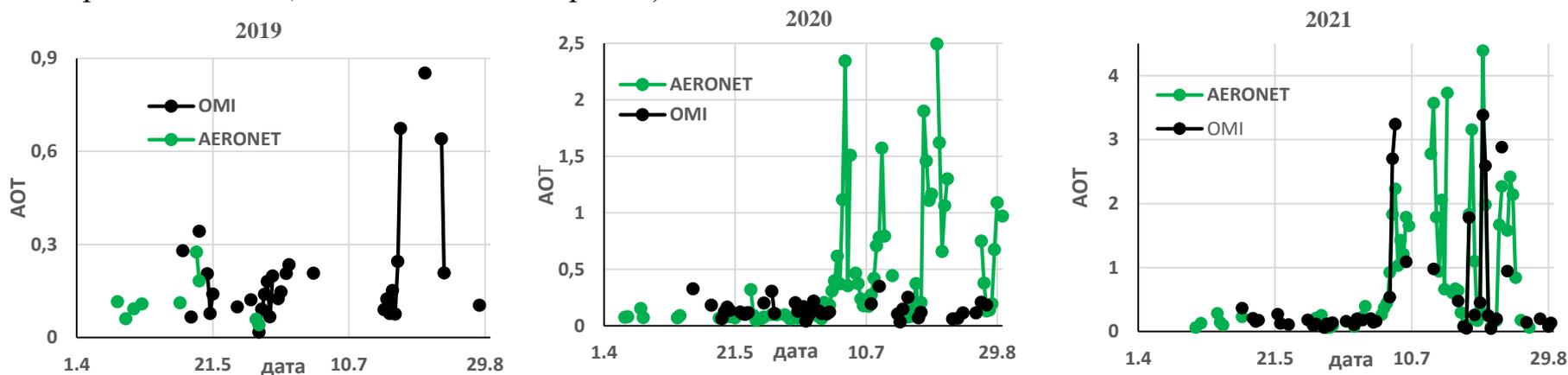


Рис. 2. AERONET и OMI измерения АОТ для Якутска в апреле-августе 2019-2021гг

Таблица 1. Коэффициент корреляции Спирмена между наземными и спутниковыми измерениями АОТ

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
$\rho_s$	0.66	0.63	0.56	0.38	0.36	0.42		0.06	0.94
p	0	4.8e-5	4.1e-4	0,024	0.01	0,02		0.38	0
N	42	33	32	28	40	23	2	26	28



## Сезонные и межгодовые вариации значений АОТ

Для определения сезонного хода и межгодовых вариаций значений АОТ для Якутска использованы данные MODIS-Terra.

В июле 2021 года значение АОТ наибольшее за весь рассматриваемый период и равно ~ 1.2. В межгодовых вариациях превышение значений АОТ над 'фоновыми' (средние значения за 2015-2016 гг.) составляет для 2019 года 2 раза, для 2020 года 2.2 раза и 2021 года 2.9 раза.

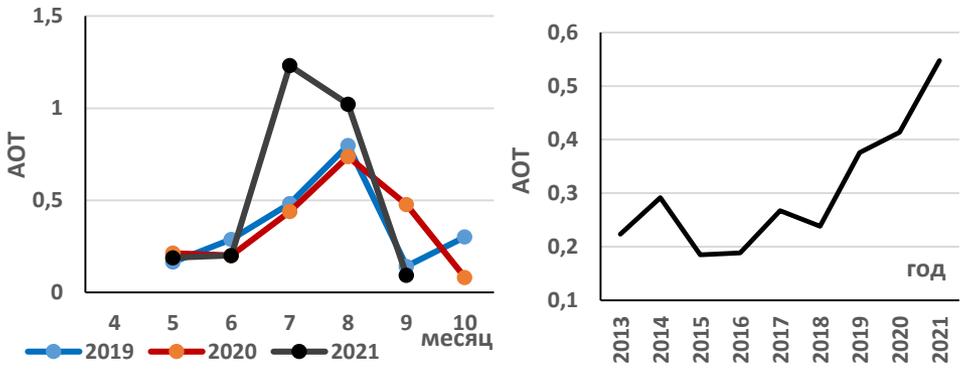


Рис. 3. Сезонные и межгодовые вариации значений АОТ для Якутска по данным MODIS-Terra

## Сезонные и межгодовые вариации значений черного углерода

Для оценки концентрации ЧУ использованы среднемесячные данные реанализа MERRA-2 системы анализа и визуализации данных Giovanni. Для Якутска среднемесячное значение ЧУ (surface mass concentration) в июле 2021 года превышало значение ЧУ для остальных лет и составляло ~  $9.5 \cdot 10^{-3}$  мг/м<sup>3</sup>. Для Якутска отмечен стабильный межгодовой рост концентрации ЧУ с 2013 года.

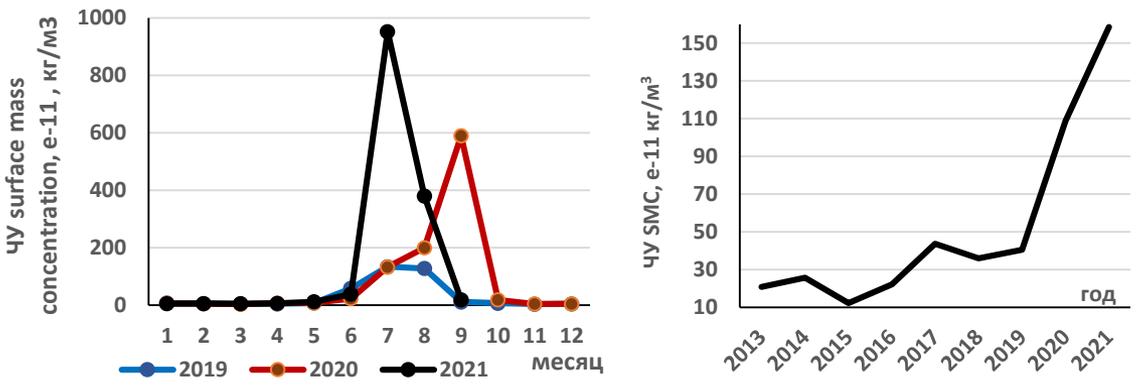


Рис. 4. Сезонные и межгодовые вариации ЧУ SMC (surface mass concentration) для Якутска по данным реанализа MERRA-2



## Сезонные и межгодовые вариации концентрации CO в атмосфере

Из-за нехватки данных по содержанию CO в летний период для Якутска в работе приведены данные для Центральной Якутии.

Оценка концентрации угарного газа проведена по данным AIRS/Aqua. Для сезонного хода концентрации CO характерно снижение значений в летний период, в пределах которого есть локальные максимумы концентрации CO для годов с высокой пирогенной активностью, наибольший из максимумов принадлежит 2021 году. Межгодовой ход концентрации CO имеет отрицательный тренд, однако, отмечен локальный рост в 2021 году, что является следствием масштабности лесных пожаров этого года.

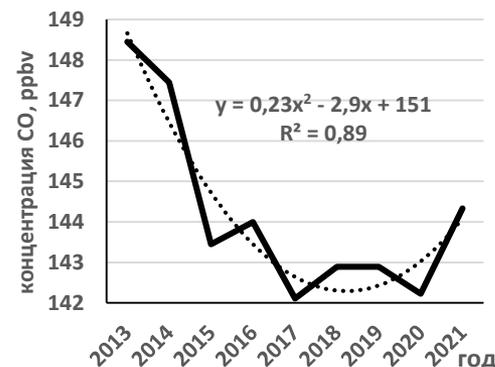
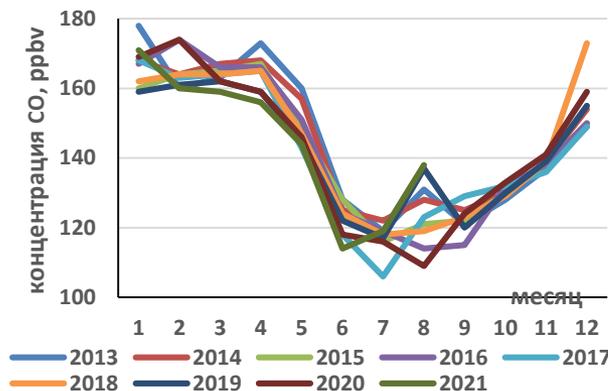


Рис. 5. Сезонные и межгодовые вариации концентрации угарного газа для Центральной Якутии за 2013-2021 гг

## Сезонные и межгодовые вариации концентрации CH4

Из-за недостаточности данных по содержанию CH4 в летний период для Якутска в работе показаны данные для Центральной Якутии.

Оценка концентрации метана проведена по данным AIRS/Aqua. Сезонный ход концентрации метана характерен наличием локальных максимумов в марте и сентябре-октябре, наличием локального минимума в мае и снижением значений в зимний сезон. Межгодовой ход концентрации метана характерен стабильным ростом значений.

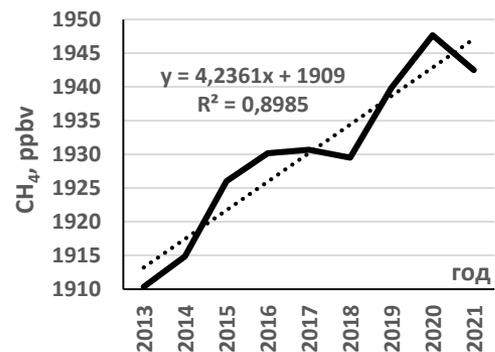
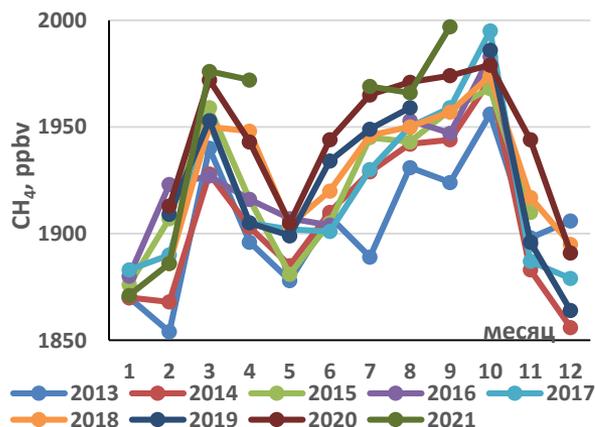


Рис. 6. Сезонные и межгодовые вариации концентрации метана для Центральной Якутии за 2013-2021 гг



## Заключение

В данной работе на базе спутниковых наблюдений системы анализа и визуализации данных Giovanni и наземных данных AERONET проведена оценка вариаций AOT, ЧУ, CO и CH<sub>4</sub> в атмосфере в районе Якутска за 2019-2021 гг. Показано, что аномальные лесные пожары 2021 года в Центральной Якутии привели к повышенным в сравнении с другими годами выбросам в атмосферу аэрозольных частиц, сажи, угарного газа и метана.

An aerial photograph of a vast, frozen body of water, likely a lake or sea. The ice is covered in a complex network of white and blue cracks, creating a textured, almost cellular appearance. A bright sun is positioned in the upper center of the frame, casting a long, shimmering reflection of light across the ice towards the bottom center. The sky is a pale, hazy blue with wispy clouds. In the distance, a low, dark landmass is visible on the right side. The overall mood is serene and expansive.

**СПАСИБО!**

## Литература

1. <http://giovanni.gsfc.nasa.gov>.
2. <https://aeronet.gsfc.nasa.gov>