

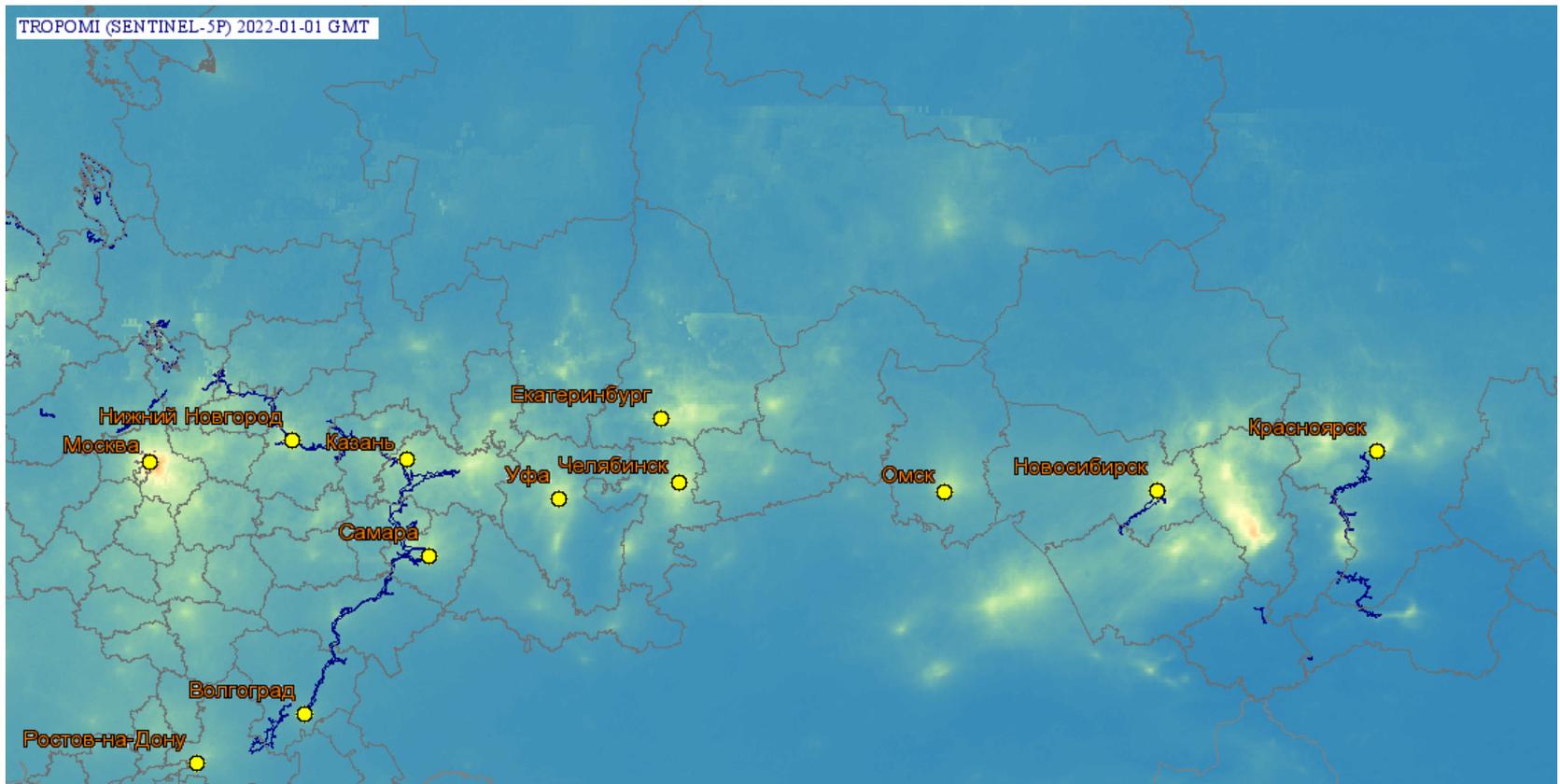
# Выделение стационарных источников загрязнений атмосферы на территории России с использованием возможностей ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

*Константинова А. М.<sup>1</sup>, Бриль А.А.<sup>1</sup> Лупян Е.А.<sup>1</sup>  
ИКИ РАН, Москва*

Двадцать первая международная конференция  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА», 13-17 ноября  
2023 г., Москва

# Постоянный мониторинг источников выбросов различных газов (на примере NO<sub>2</sub>)

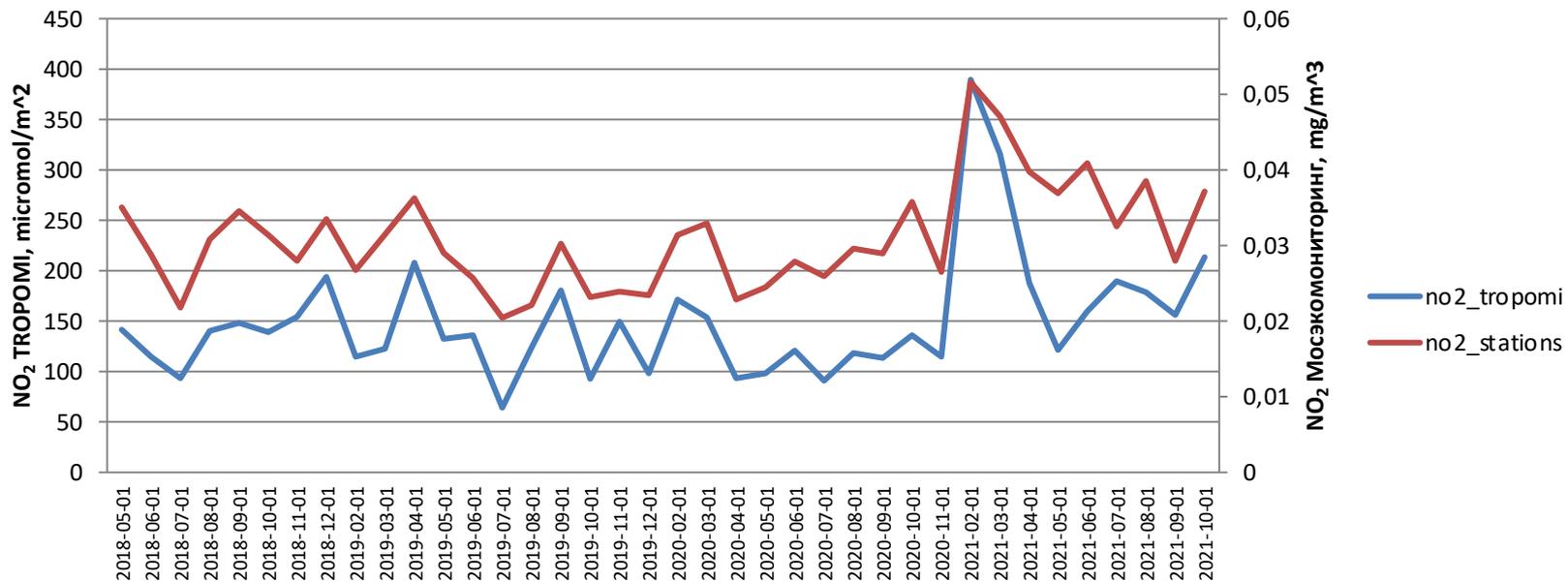
Основными антропогенными источниками выбросов диоксида азота (NO<sub>2</sub>) являются автотранспорт, теплоэнергетика и предприятия нефтехимической отрасли.



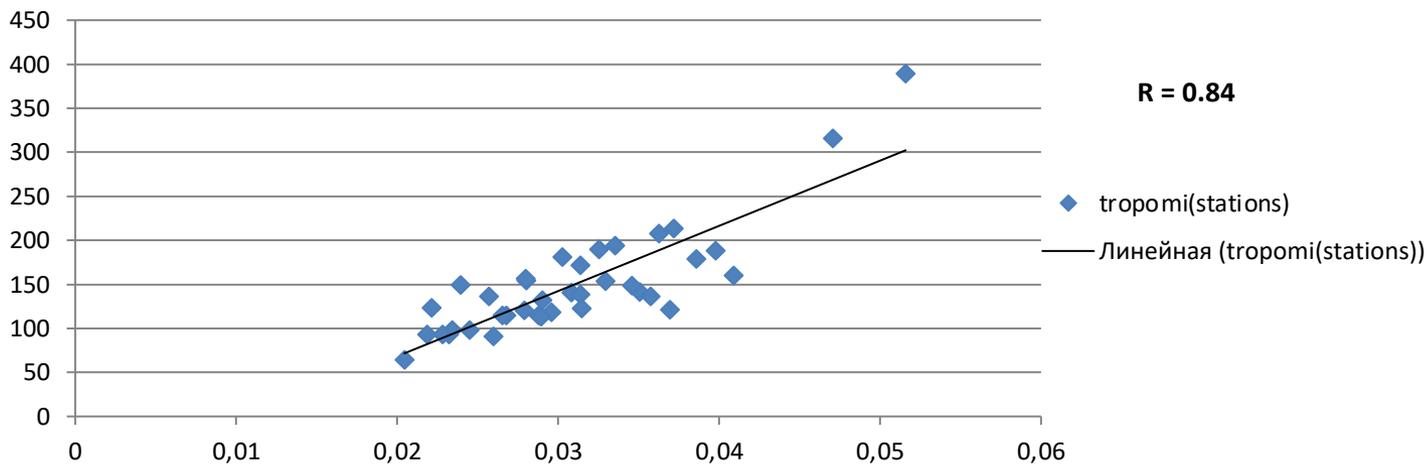
Годовое композитное изображение со средней концентрацией NO<sub>2</sub> в столбе тропосферы по прибору [TROPOMI \(Sentinel-5P\)](http://ckp.geosmis.ru/) за 2022 год (архивы ЦКП «ИКИ-Мониторинг» <http://ckp.geosmis.ru/>)

# Сравнение данных TROPOMI с наземными данными

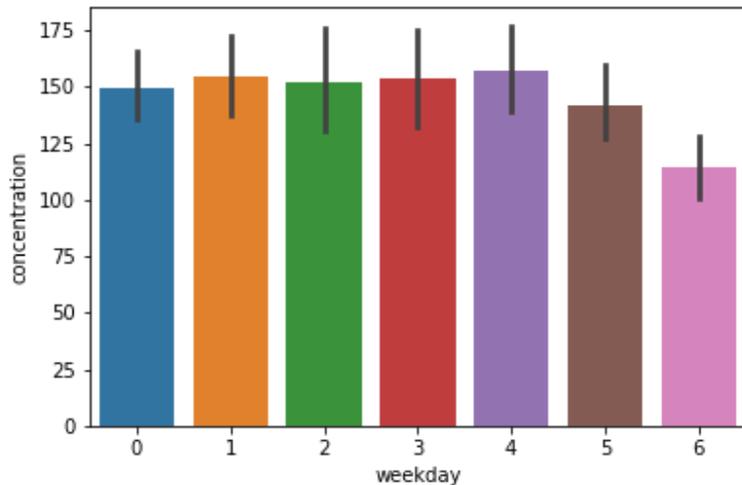
## Среднемесячная концентрация NO<sub>2</sub>, Москва



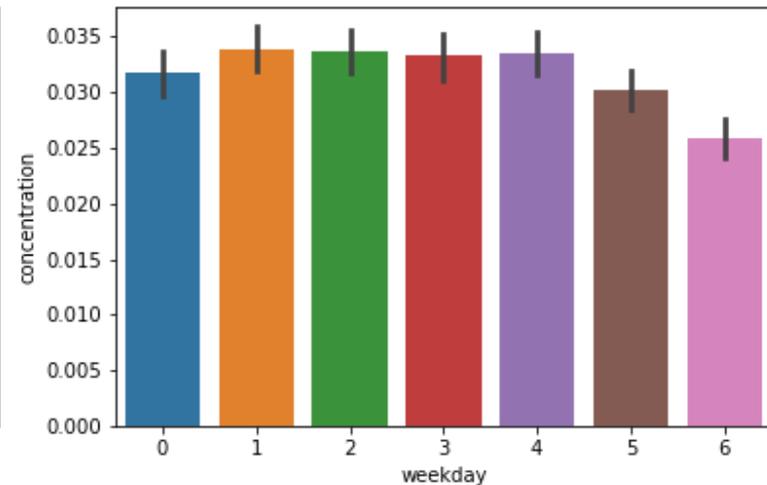
## tropomi(stations) – ежемесячные данные



# Анализ загрязнённости в зависимости от дня недели (г. Москва)

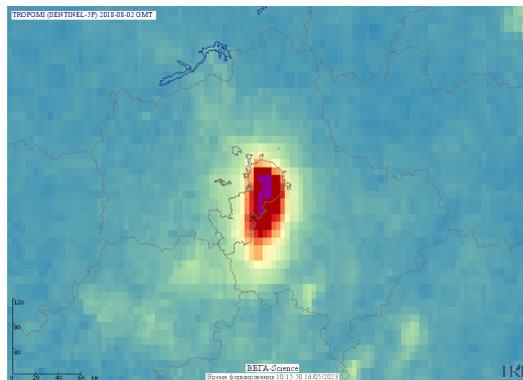
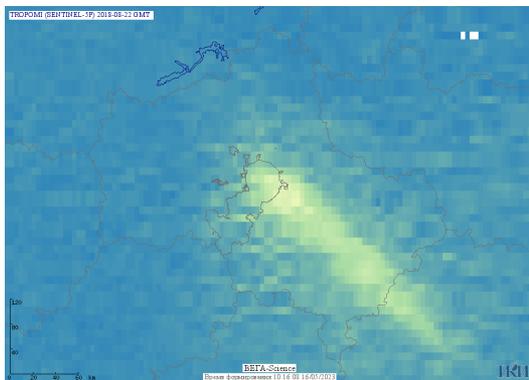


*Зависимость концентрации NO<sub>2</sub> по прибору TROPOMI от дня недели (Москва)*



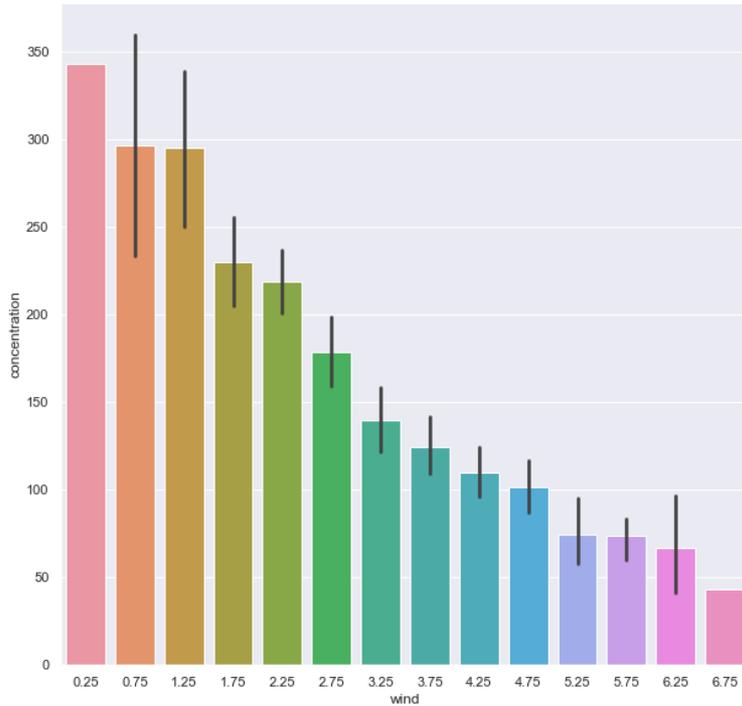
*Зависимость концентрации NO<sub>2</sub> по наземным данным от дня недели (Москва)*

# Сравнение данных TROPOMI с метеоданными

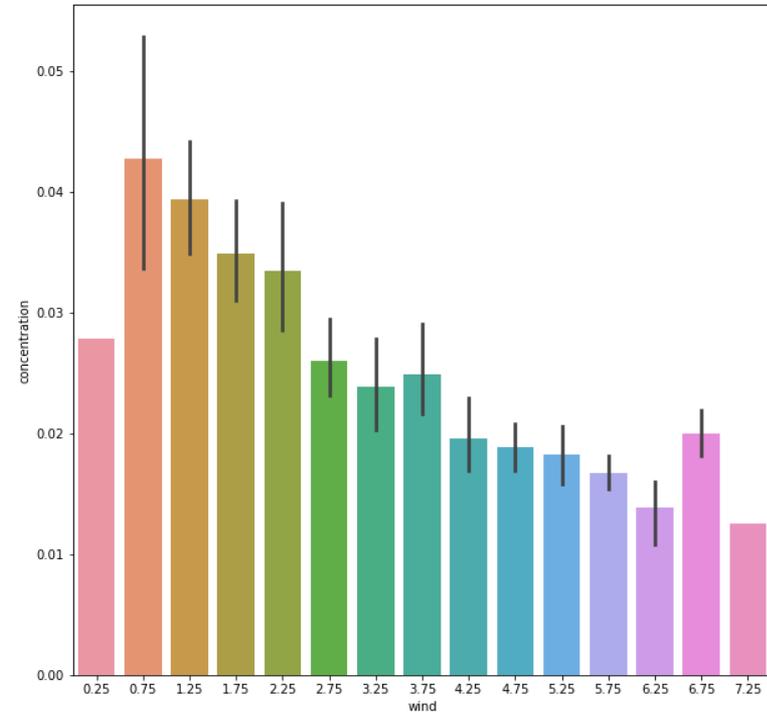


Выбросы NO<sub>2</sub> от Москвы в дни с разной скоростью ветра: 4,42 м/с и 0,78 м/с

# Поиск безветренных дней



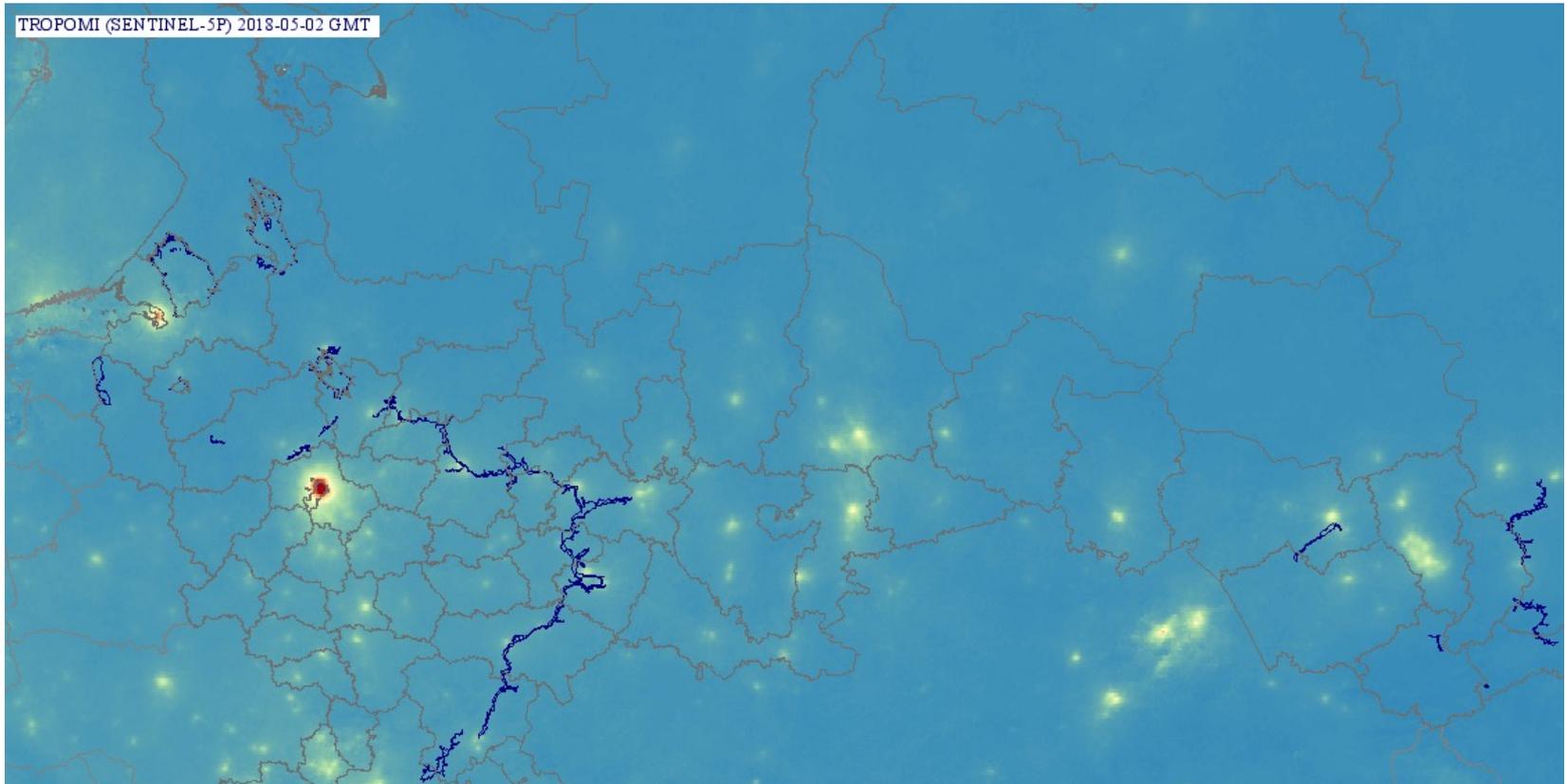
*Зависимость концентрации  $NO_2$  по прибору TROPOMI от скорости ветра с шагом 0,5 м/с*



*Зависимость концентрации  $NO_2$  по наземным данным от скорости ветра с шагом 0,5 м/с*

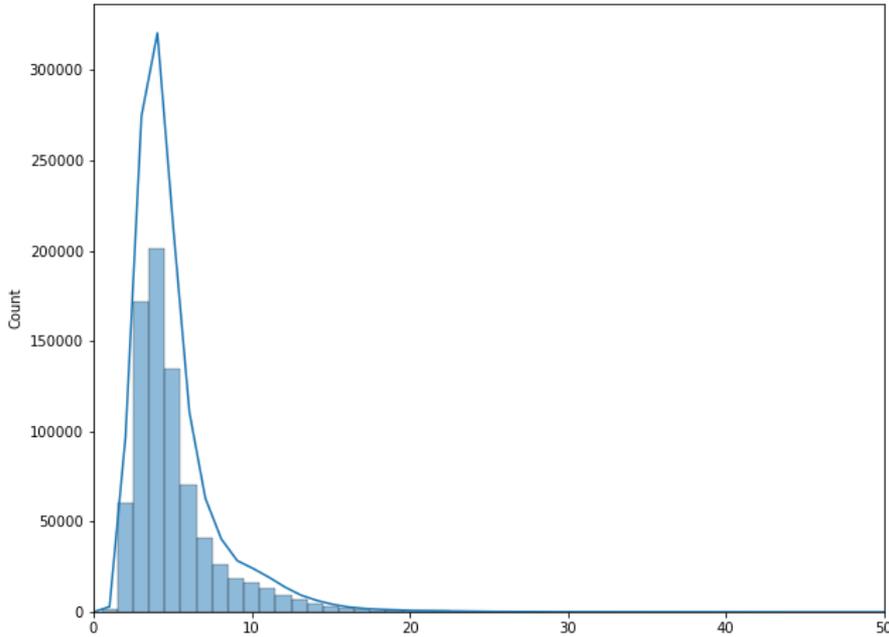
В качестве безветренных дней были взяты дни со скоростью ветра менее 1,5 м/с

# Построение «безветренного» композитного изображения с концентрацией $\text{NO}_2$

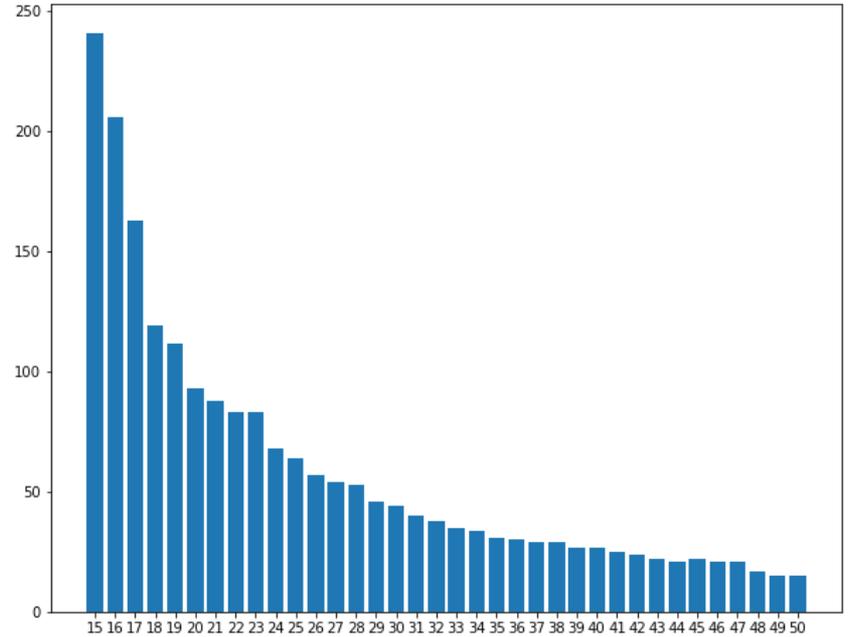


*Многолетнее «безветренное» композитное изображение со  
средней концентрацией  $\text{NO}_2$  по прибору TROPOMI (Sentinel-5P)  
за 2018-2023 года (период май-сентябрь)*

# Поиск единого порога



*Зависимость количества пикселей от значения концентрации*



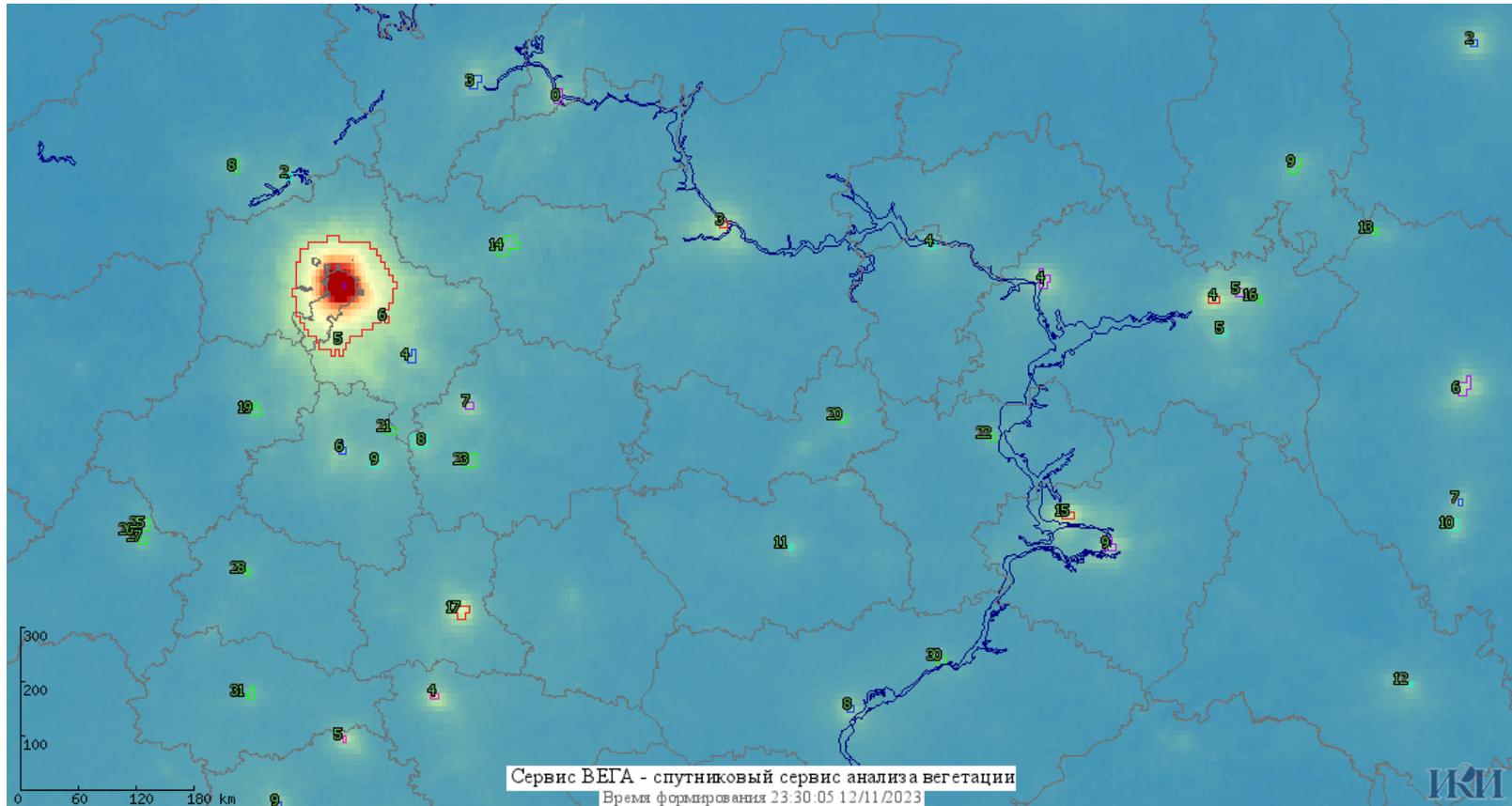
*Зависимость количества выделяемых источников от выбираемого порога*

$$C_{\text{фон}} = C_{\text{mean}} + 3\sigma = 16,4 \text{ DU}$$

Проблема выбора единого порога – выделение больших областей, куда попадает несколько источников

# Итерационный пороговый метод выделения стационарных источников выбросов NO<sub>2</sub>

Итерационное выделение источников разной интенсивности пороговым методом (от max к min)



Карта источников выбросов NO<sub>2</sub> различных классов интенсивности: от 90 до 30 micromol/m<sup>2</sup>, с шагом 10 micromol/m<sup>2</sup>

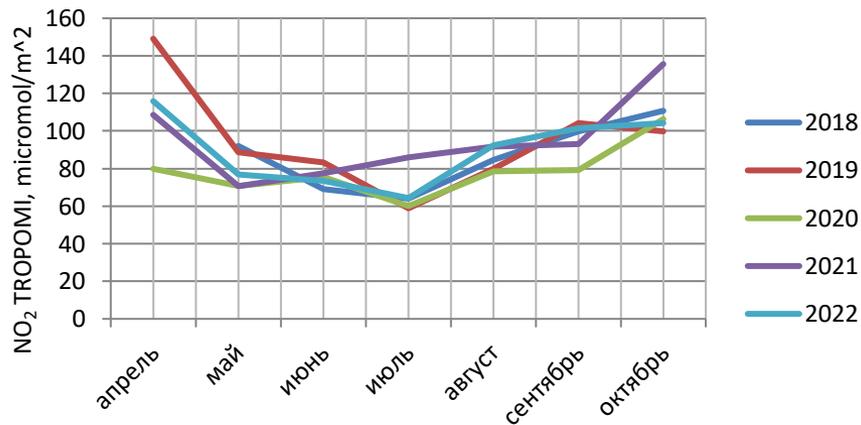


## Классификация выделенных источников

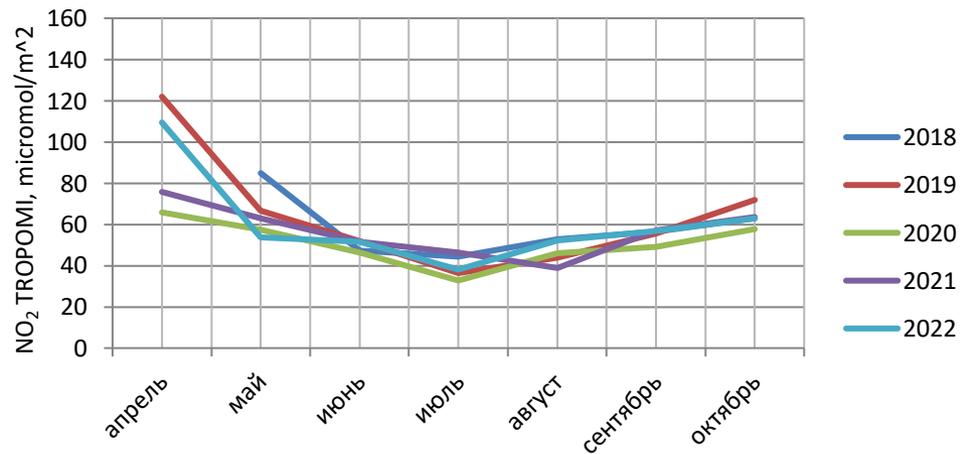
Города-миллионники	ГРЭС	Промышленные города	Угольные разрезы	Цементные заводы
Москва	Рефтинская	Липецк	Талдинский	Михайловцемент
Санкт-Петербург	Новочеркасская	Тольятти	Киселёвский	Серебрянский цементный завод
Краснодар	Беловская	Нижнекамск	Бачатский	Вольский цементный завод
Ростов-на-Дону	Костромская	Магнитогорск	Евтинский	Мальцовский портландцемент
Нижний Новгород	Невинномысская	Новокузнецк	Коркинский	Мордовцемент
Нижний Новгород	Сургутская	Кемерово		
Челябинск	Конаковская	Ангарск		
Екатеринбург	Новомосковская	Губкин		
Омск	Заинская	Ачинск		
Новосибирск	Южноуральская	Рязань		
Воронеж	Ставропольская	Набережные Челны		
Казань	Рязанская	Тюмень		
Самара	Киришская	Барнаул		
Уфа	Кармановская	Череповец		
Красноярск	Ириклинская	Ярославль		
Волгоград (Красноармейский район)		Саратов		
Пермь (Индустриальный район)		Стерлитамак		

# Города-миллионники России

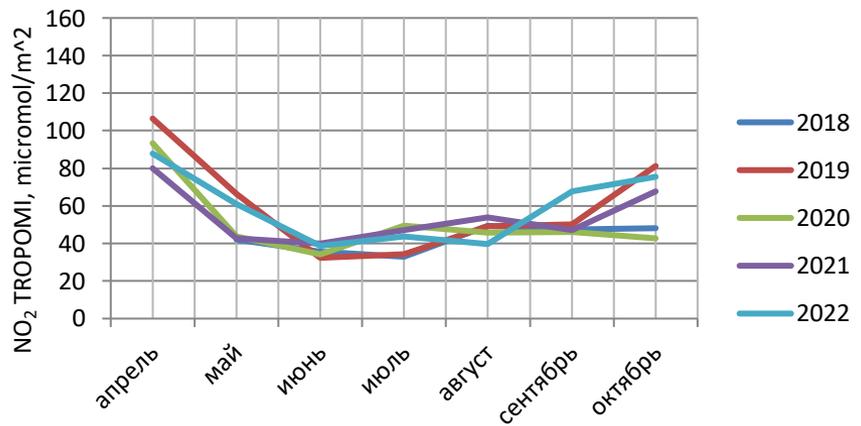
## Москва



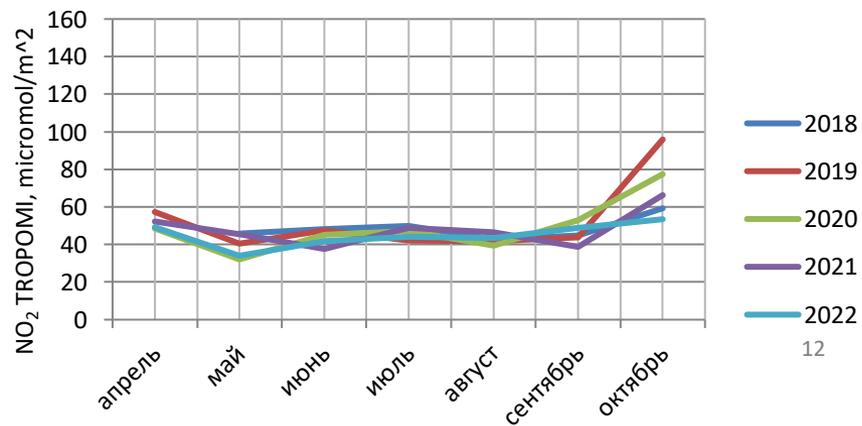
## Санкт-Петербург



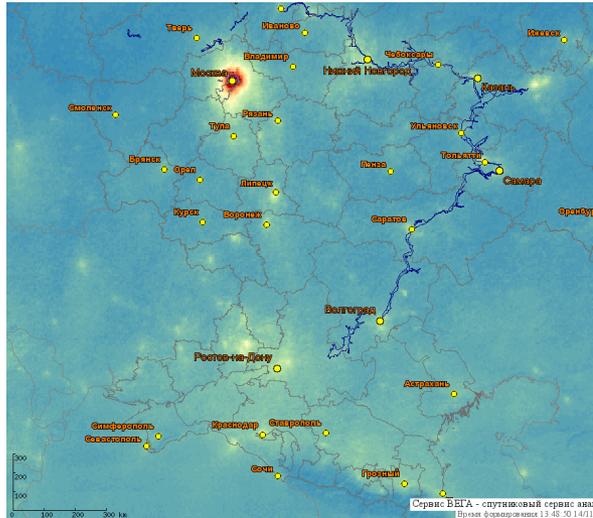
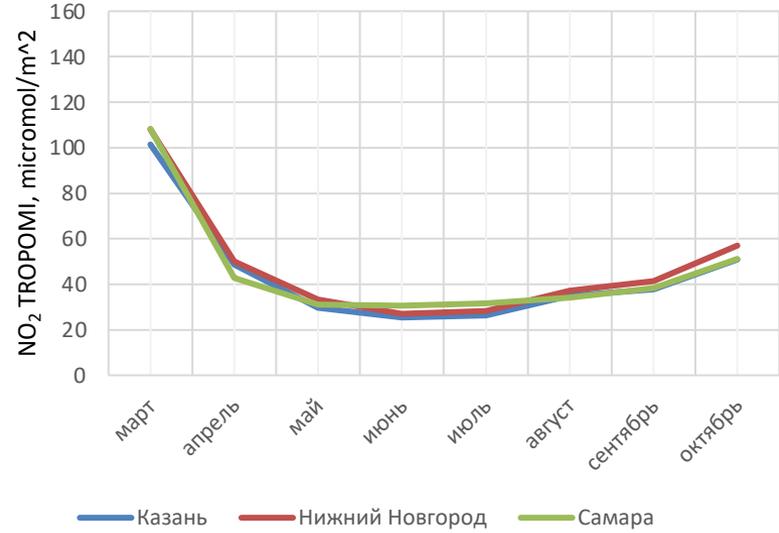
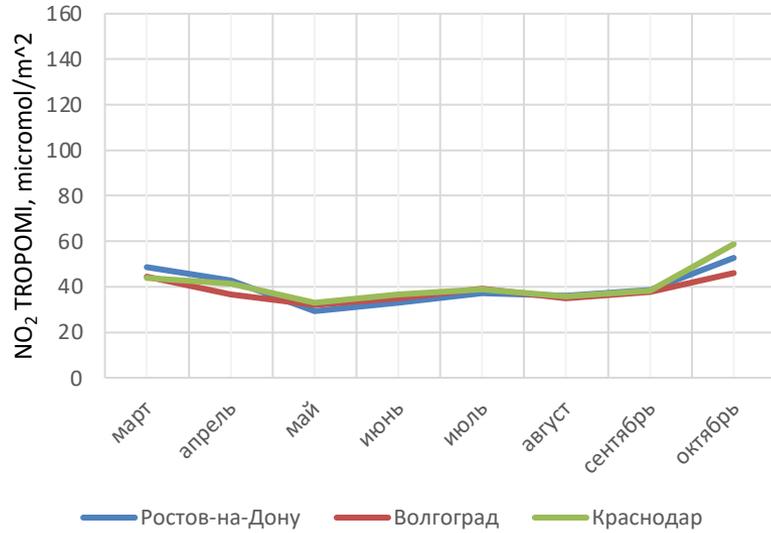
## Новосибирск



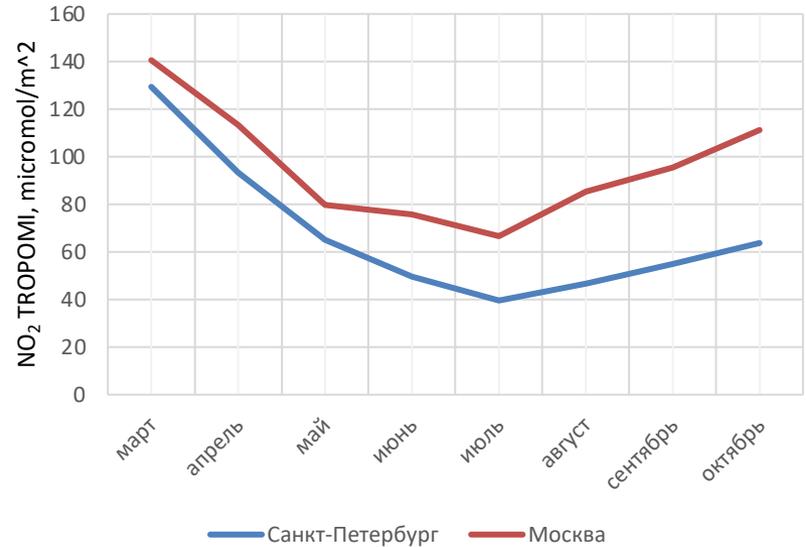
## Краснодар



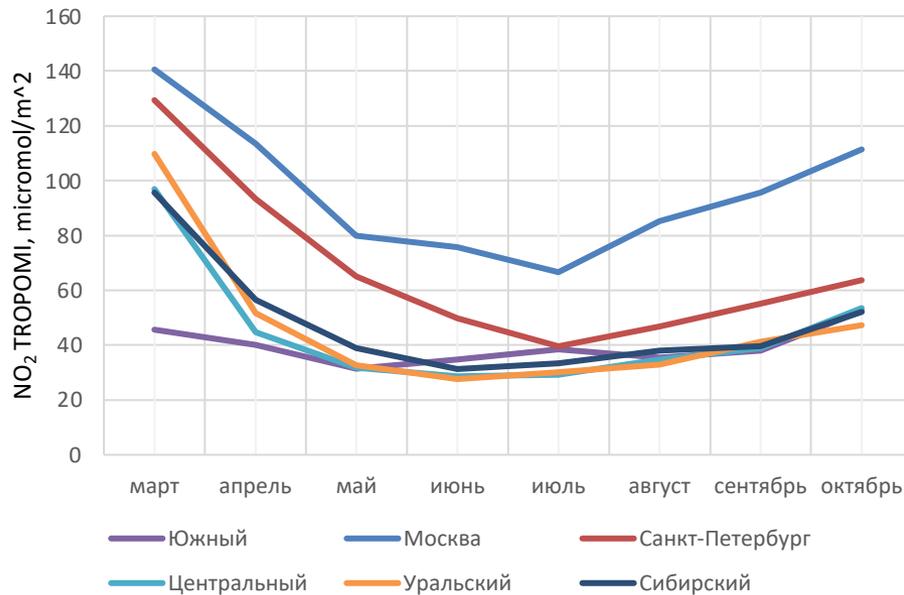
# Многолетняя динамика NO<sub>2</sub>



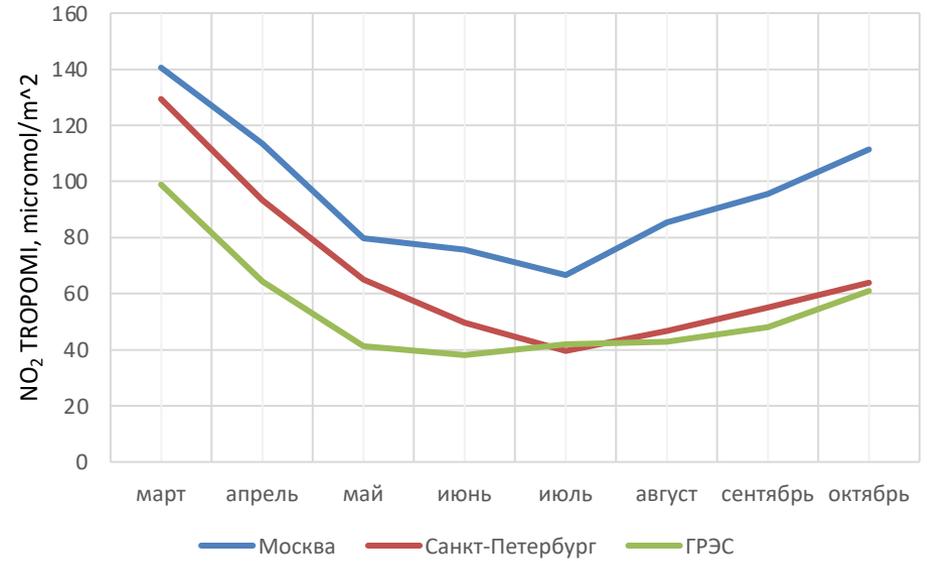
Июль 2022 года



# Многолетняя динамика NO<sub>2</sub>



*Многолетняя ежемесячная концентрация NO<sub>2</sub> по прибору TROPOMI для городов-миллионников, объединённых в группы по ФО*



*Многолетняя ежемесячная концентрация NO<sub>2</sub> по прибору TROPOMI для Москвы, Санкт-Петербурга и ГРЭС, объединённых в группу*

# Средняя многолетняя концентрация NO<sub>2</sub>

Город	Концентрация, мкмоль/м <sup>2</sup>	Население
Москва	80,60	12645258
Санкт-Петербург	51,25	5380923
Новосибирск	45,61	1620746
Челябинск	38,68	1183624
Краснодар	36,46	1226226
Волгоград	35,68	1002973
Ростов-на-Дону	34,80	1136199
Воронеж	33,48	1049670
Нижний Новгород	33,37	1239102
Самара	33,09	1140734
Екатеринбург	32,77	1494333
Красноярск	32,70	1097937
Казань	30,82	1258257
Пермь	30,56	1045981
Омск	30,34	1133045
Уфа	29,63	1130497

*Средняя многолетняя концентрация NO<sub>2</sub> по прибору TROPOMI для городов-миллионников за 2018-2022 года (период «май-сентябрь»)*



*Зависимость средней многолетней концентрации NO<sub>2</sub> от прибору TROPOMI для городов-миллионников от численности населения*

# Выводы

- в информационной системе Vega-Science, функционирующей на базе ЦКП «ИКИ-Мониторинг» доступны композитные изображения с концентрацией газовых веществ по данным спутника Sentinel-5P (прибор TROPOMI), в частности с концентрацией NO<sub>2</sub>
- на уровень концентрации NO<sub>2</sub> над источником большое влияние оказывают метеоусловия (скорость ветра, наличие температурной инверсии и т.д.);
- использование безветренных данных и порогового метода позволяет локализовать источники выбросов NO<sub>2</sub>, оценить их мощность;
- выделенные источники можно разделить на несколько типов: мегаполисы и крупные города, промышленные центры, ГРЭС, угольные разрезы, цементные заводы;
- в полученных результатах видны сезонные тренды выбросов NO<sub>2</sub>;
- не наблюдается значимых изменений в выбросах NO<sub>2</sub> в периоды локдауна

# Спасибо за внимание!

Работа выполнена с использованием возможностей ЦКП «ИКИ-Мониторинг», поддерживаемого в рамках темы «Мониторинг» Минобрнауки (госрегистрация № 122042500031-8), и при поддержке темы «Эмиссия» (госрегистрация № 122101700045-7)