



КОМПЛЕКСНЫЙ ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРЫ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

М. Ю. Шиховцев^{1,2}, Т. В. Ходжер¹, В. В. Цыдыпов³, Е. В. Моложникова¹,
А. П. Федотов¹

¹ Лимнологический институт СО РАН

² Институт динамики систем и теории управления СО РАН

³ Институт физического материаловедения СО РАН

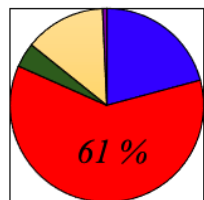
Белокуриха - 2025



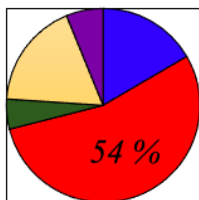
Расположение постов наблюдения

Объем выбросов от городов-источников

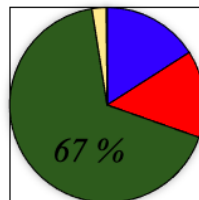
Иркутск:
132 069 т/год



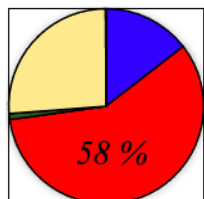
Ангарск:
94 479 т/год



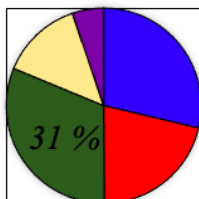
Шелехов:
40 332 т/год



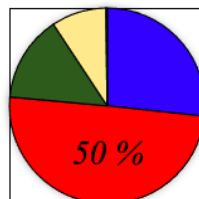
Гусиноозерск:
39 137 т/год



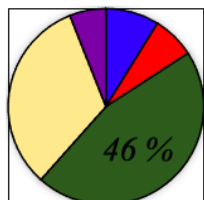
Улан-Удэ:
23 025 т/год



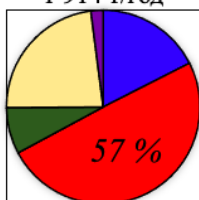
Селенгинск и
Каменск:
9 814 т/год



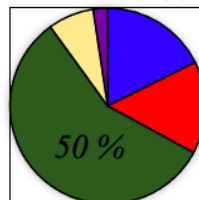
Нижнеангарск:
2 312 т/год



Байкальск и
Слюдянка:
1 914 т/год



Северобайкальск:
1 592 т/год



■ SO₂ ■ Твердые частицы ■ NO_x
■ CO ■ ЛОС (без метана)



На территории ЦЭЗ действует 98 котельных, из них 65 угольных ~ 24 тыс. тонн/год (Иванова И.Ю., 2018)

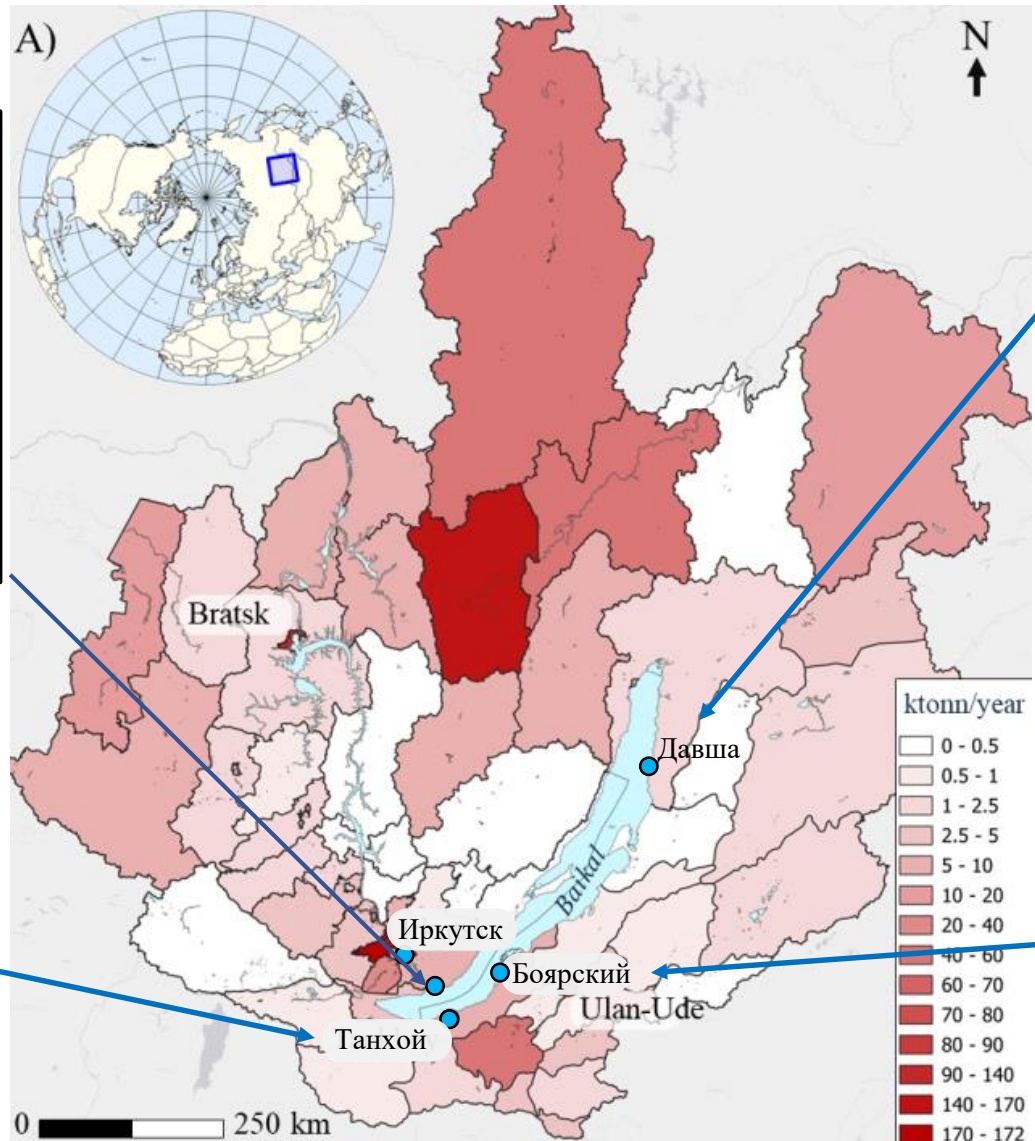
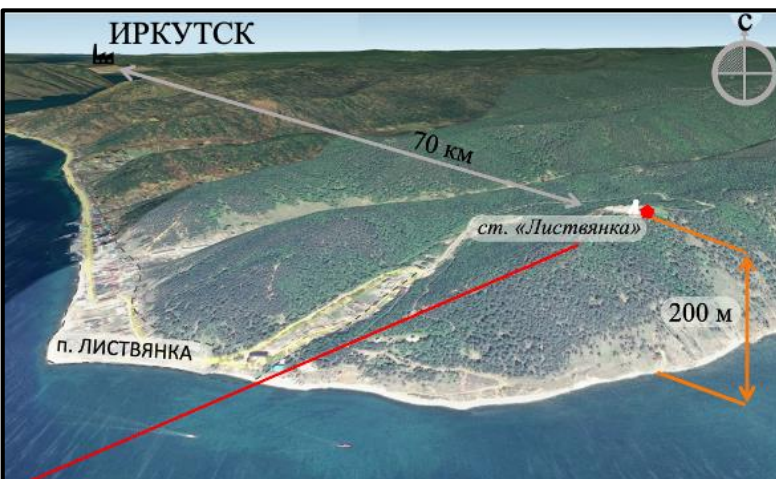
Наиболее мощные источники расположены к северо-западу от озера, в Иркутско-Черемховской агломерации = 323 тыс. тонн/год

Выбросы от крупнейших источников Республики Бурятия = 71 тыс. тонн/год (2ТП-Воздух 2023 г.)

в регионе сформирована система государственного мониторинга атмосферы, и она насчитывает 24 станции автоматического мониторинга (https://www.feerc.ru/baikal/ru/monitoring/air/ask_overall).



Расположение постов наблюдения

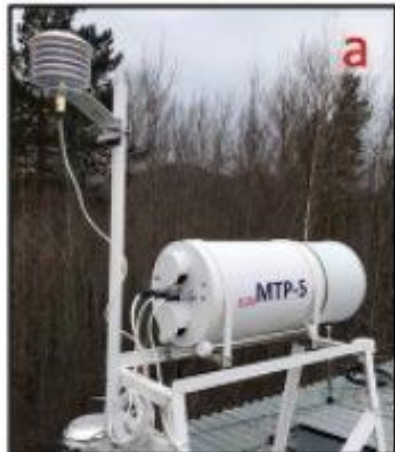


(объем выбросов 2-ТП воздух (2024 г.))





Используемое оборудование



Метеорологический температурный профилемер МТП-5
(Долгопрудный, Россия)

Временное разрешение:
5 минут



Автоматические газоанализаторы (ОПТЭК, С-Петербург, Россия) и счетчики частиц (DUSTTAK 8533», фирмы TSI Incorporated USA)

Параметры:
(SO_2 , NO , NO_2 , H_2S , O_3 , CO , CO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$)
Временное разрешение: 1 минута



Метеостанции:
- Сокол-М1 (Казань, Россия)
- АМК-03 и «ЭКСМЕТЕО» (ИМКЭС СО РАН, Томск, Россия)

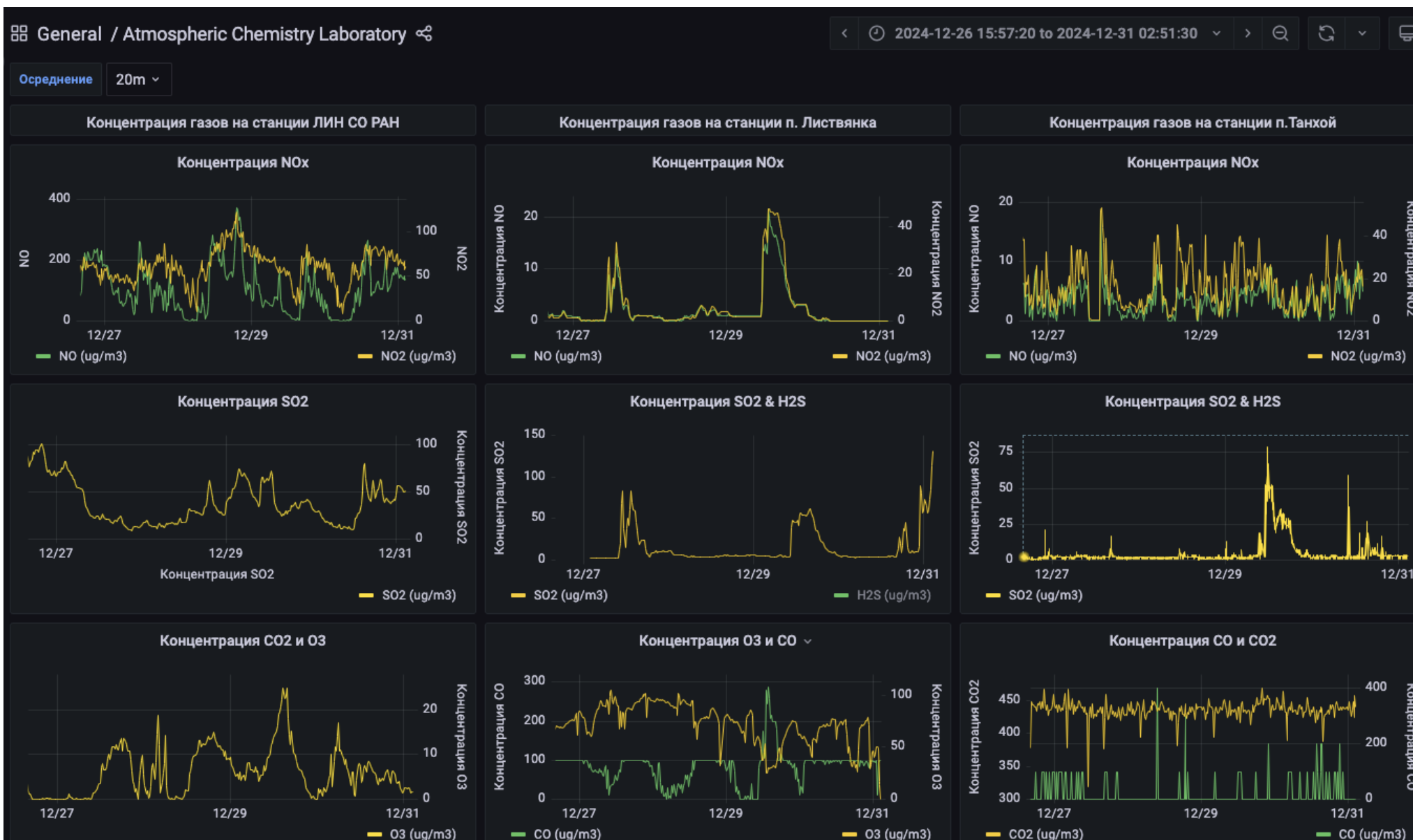
Параметры:
 T_{air} , u , скорость, направление ветра,

Комплексная измерительная станция CityAir (Новосибирск, Россия)

Параметры:
(SO_2 , NO_2 , H_2S , O_3 , CO , $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10})

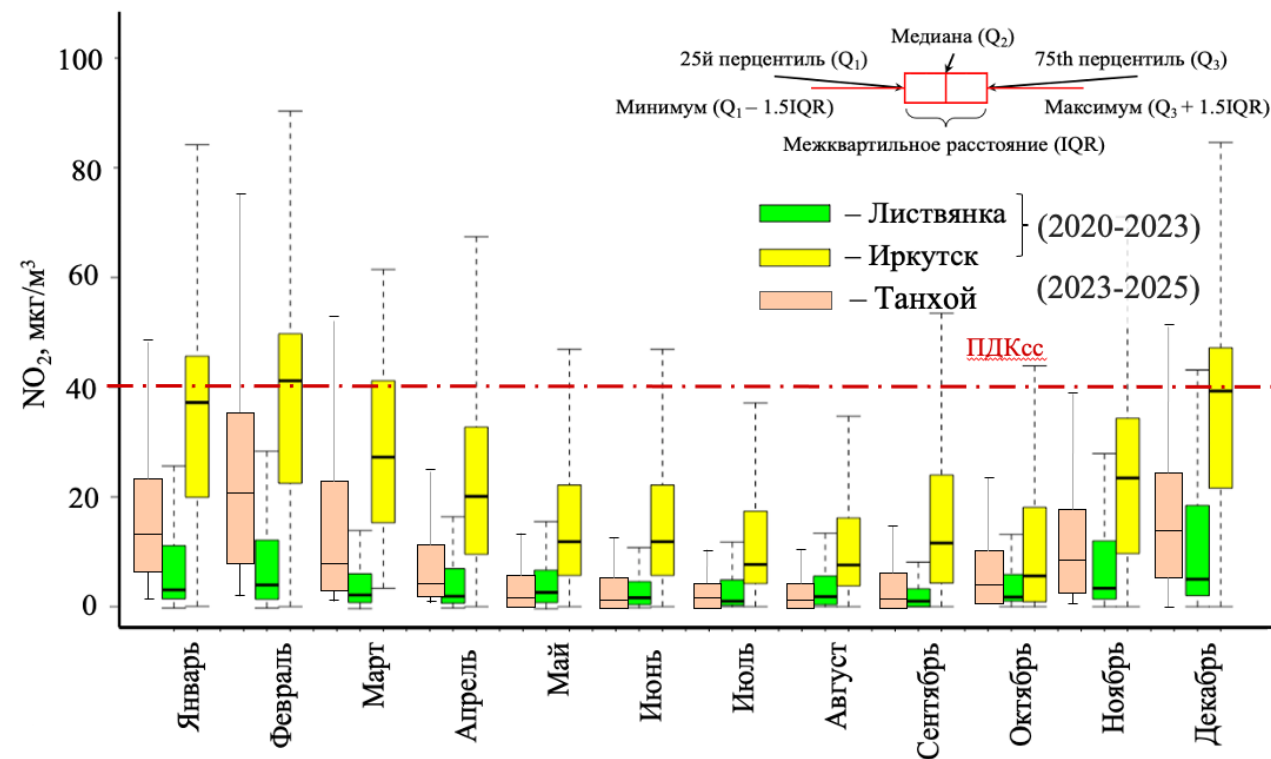
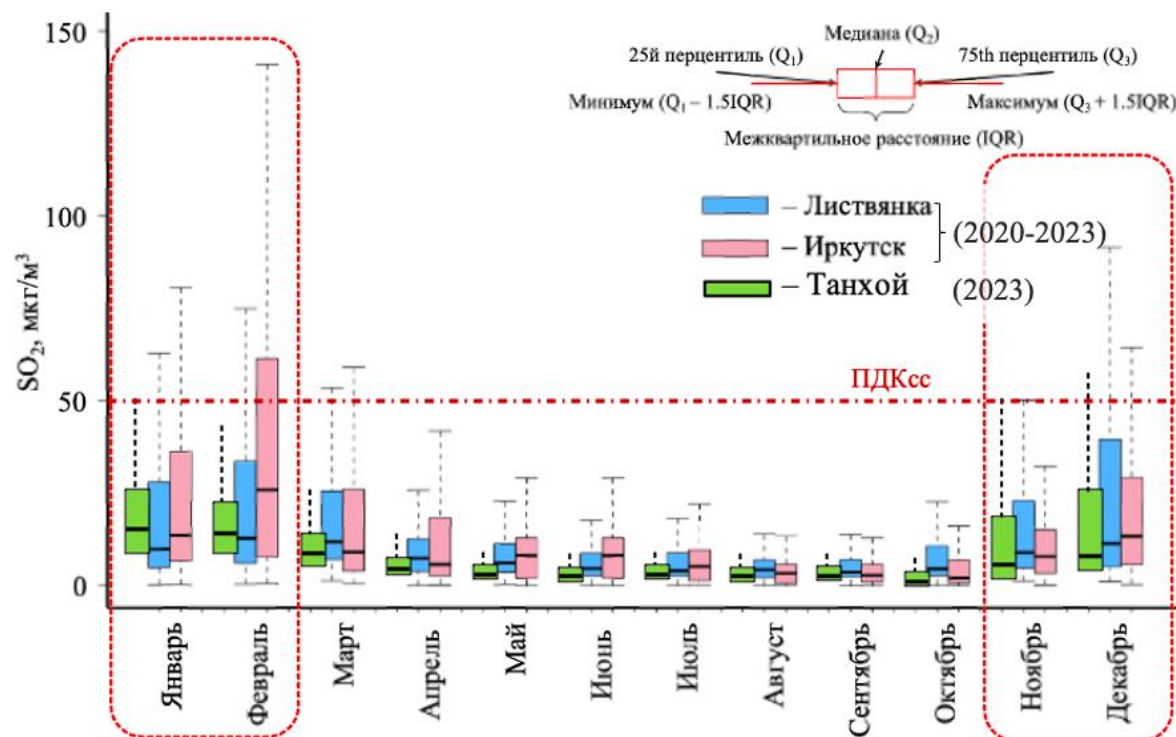


Аккумуляция данных наблюдений



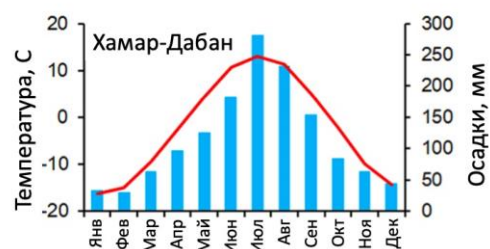
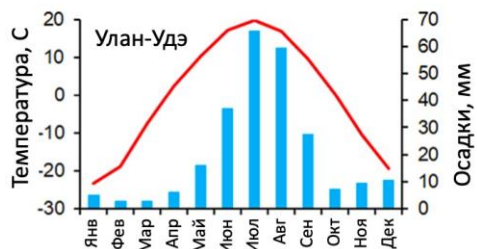
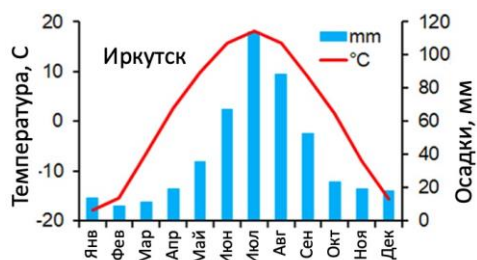
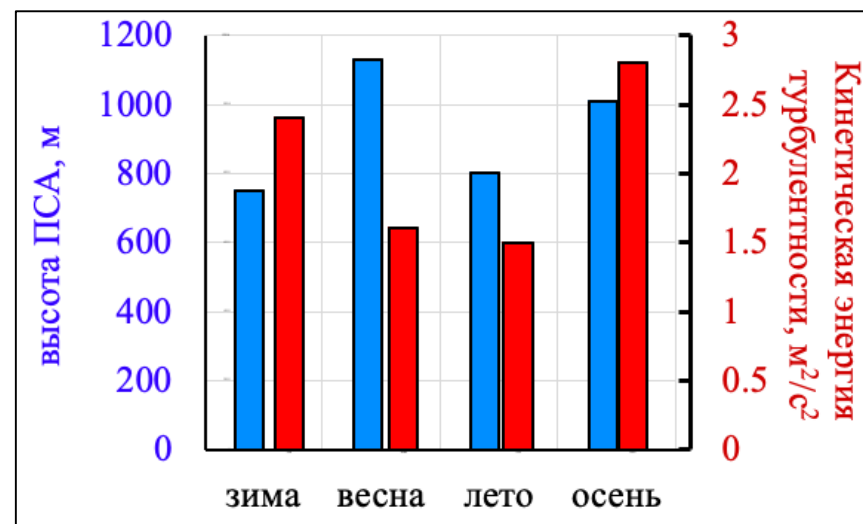
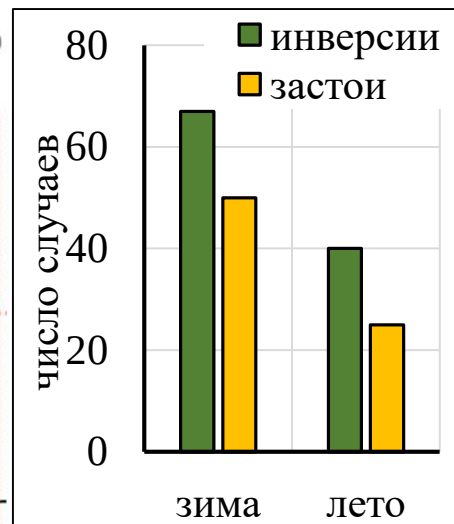
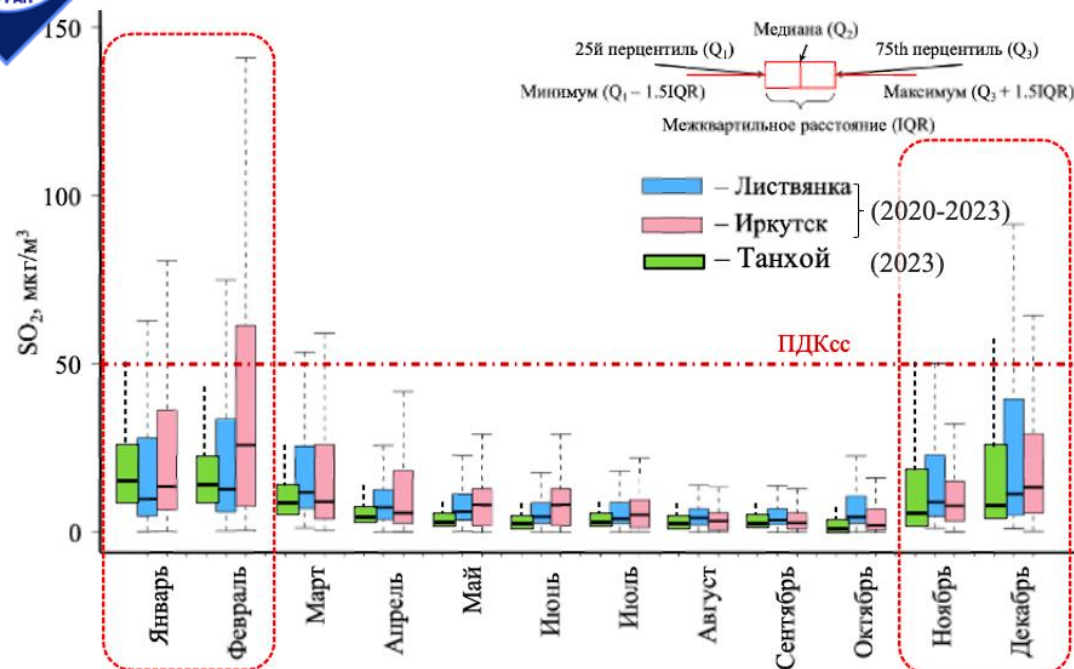


Сезонная изменчивость газовых примесей в атмосфере Южного Прибайкалья





Сезонная изменчивость газовых примесей в атмосфере Южного Прибайкалья



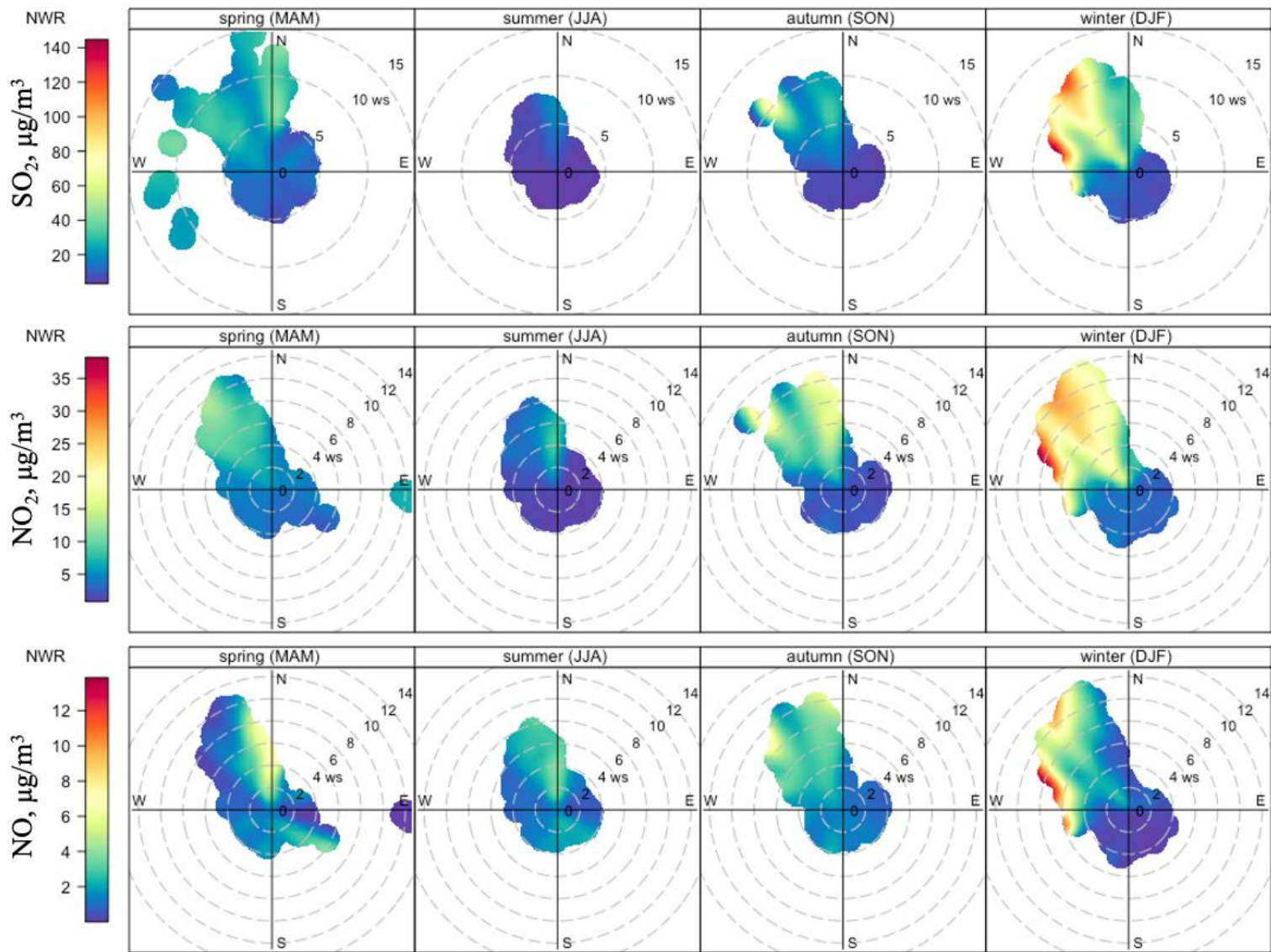
- **Shikhovtsev M.Y.,** Molozhnikova Y.V., Obolkin V.A., Potemkin V.L., Lutskin E.S., Khodzher T.V. Features of Temporal Variability of the Concentrations of Gaseous Trace Pollutants in the Air of the Urban and Rural Areas in the Southern Baikal Region (East Siberia, Russia) // **Applied sciences.** 2024. – V. 14. – № 18. – P. 1-19. DOI: 10.3390/app14188327
- **Shikhovtsev M.Yu.,** Shikhovtsev A.Yu., Molozhnikova Ye.V. The study of the seasonal features of turbulence in the atmospheric boundary layer of the Southern Baikal region // **Limnology and Freshwater Biology.** 2020. – № 4. – С. 884-885. DOI: 10.31951/2658-3518-2020-A-4-884
- Potemkina T., Potemkin V. Extreme phenomena in the Lake Baikal basin: tropical nights and hot days as indicators of climate warming (Eastern Siberia, Russia) // **Theoretical and Applied Climatology.** 2024. DOI: 10.1007/s00704-024-05031-4



Влияние метеорологических особенностей на содержание примесей и уровень загрязнения атмосферы в воздушном бассейне Южного Прибайкалья (Листвянка)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\text{SO}_2 > 85 \text{ мкг/м}^3$	219	205	68	1	8	0	0	0	2	16	67	238
n	2924	2329	2519	2097	2152	2329	2030	1952	2093	2089	2341	2777
$\text{NO}_2 > 35 \text{ мкг/м}^3$	209	180	33	7	5	2	1	45	6	48	158	260
n	2787	2119	2129	1959	2146	1927	1781	2680	2234	2564	2401	2669

Число эпизодов с повышенными концентрациями SO_2 и NO_2 на ст. «Листвянка» и общее число измерений, n – общее число измерений





Влияние метеорологических особенностей на содержание примесей и уровень загрязнения атмосферы в воздушном бассейне Южного Прибайкалья зима 2025 г. (Листвянка)

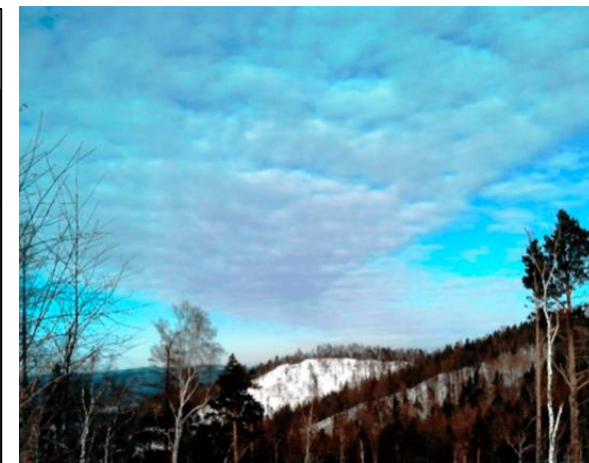
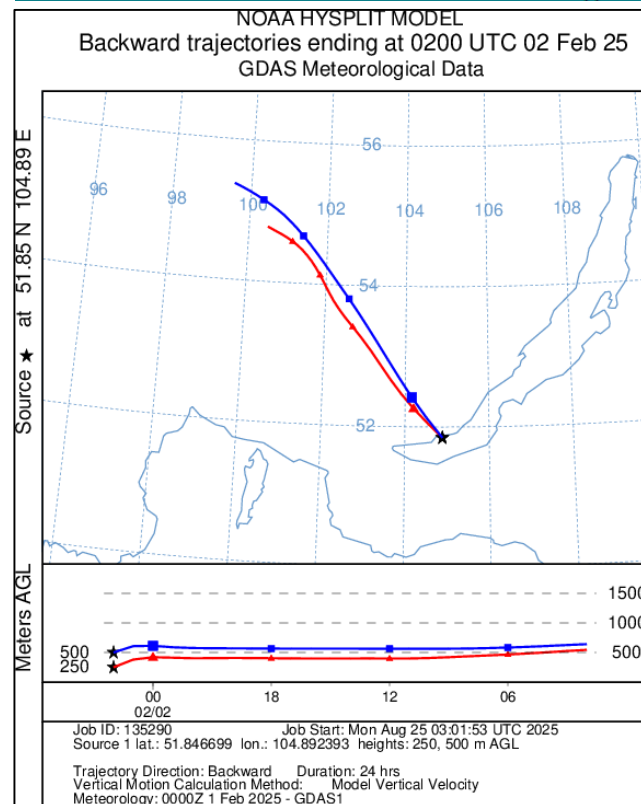
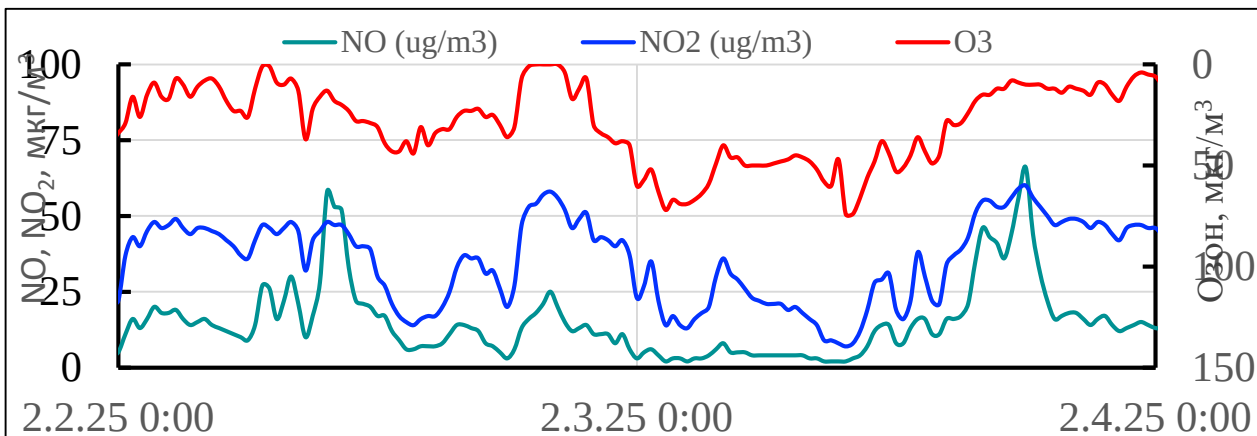
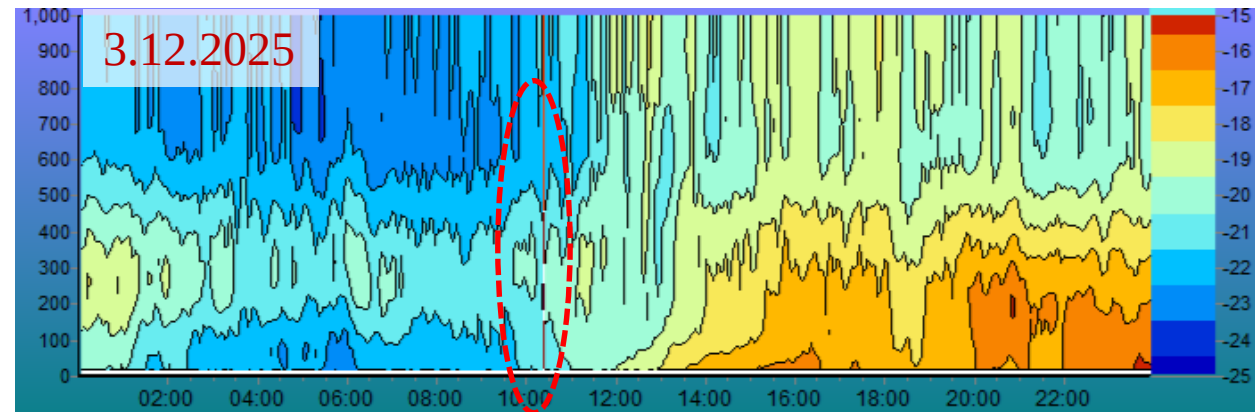
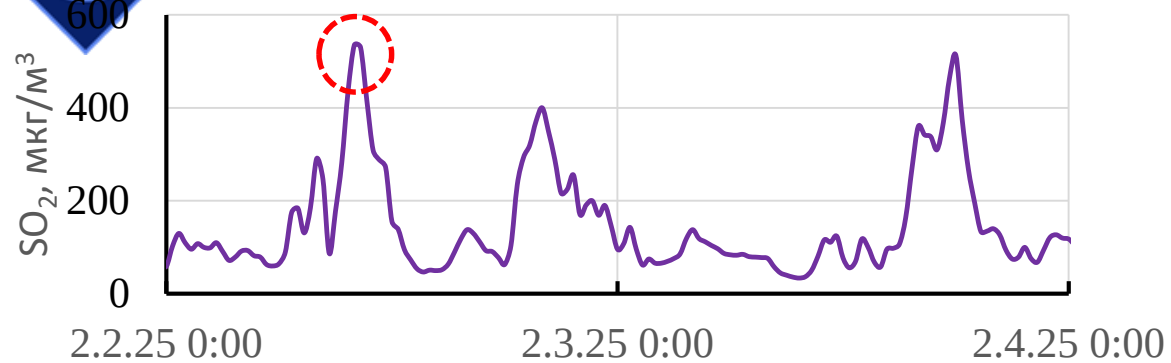
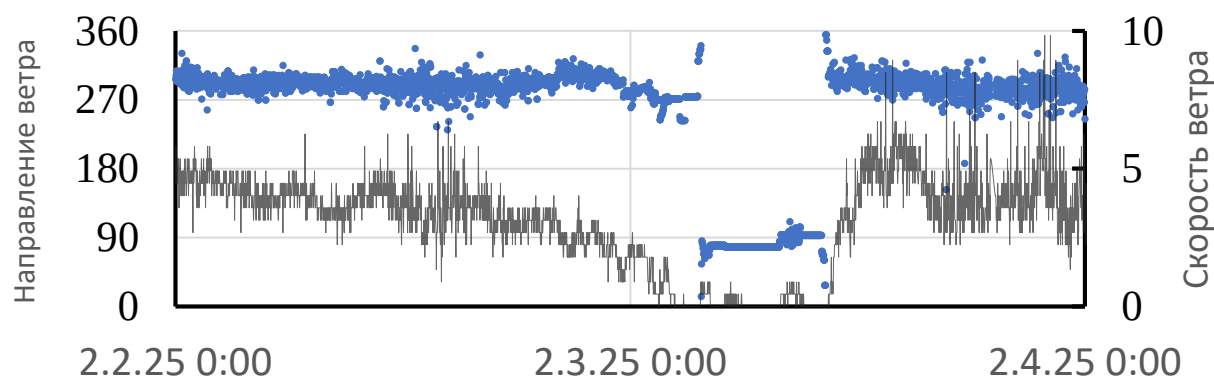


фото.
Obolkin, V., Molozhnikova, E., Shikhovtsev, M., Netsvetaeva, O., Khodzher, T. Sulfur and nitrogen oxides in the atmosphere of lake Baikal: Sources, automatic monitoring, and environmental risks // **Atmosphere.** – 2021. – Т. 12. – №. 10. – С. 1348.

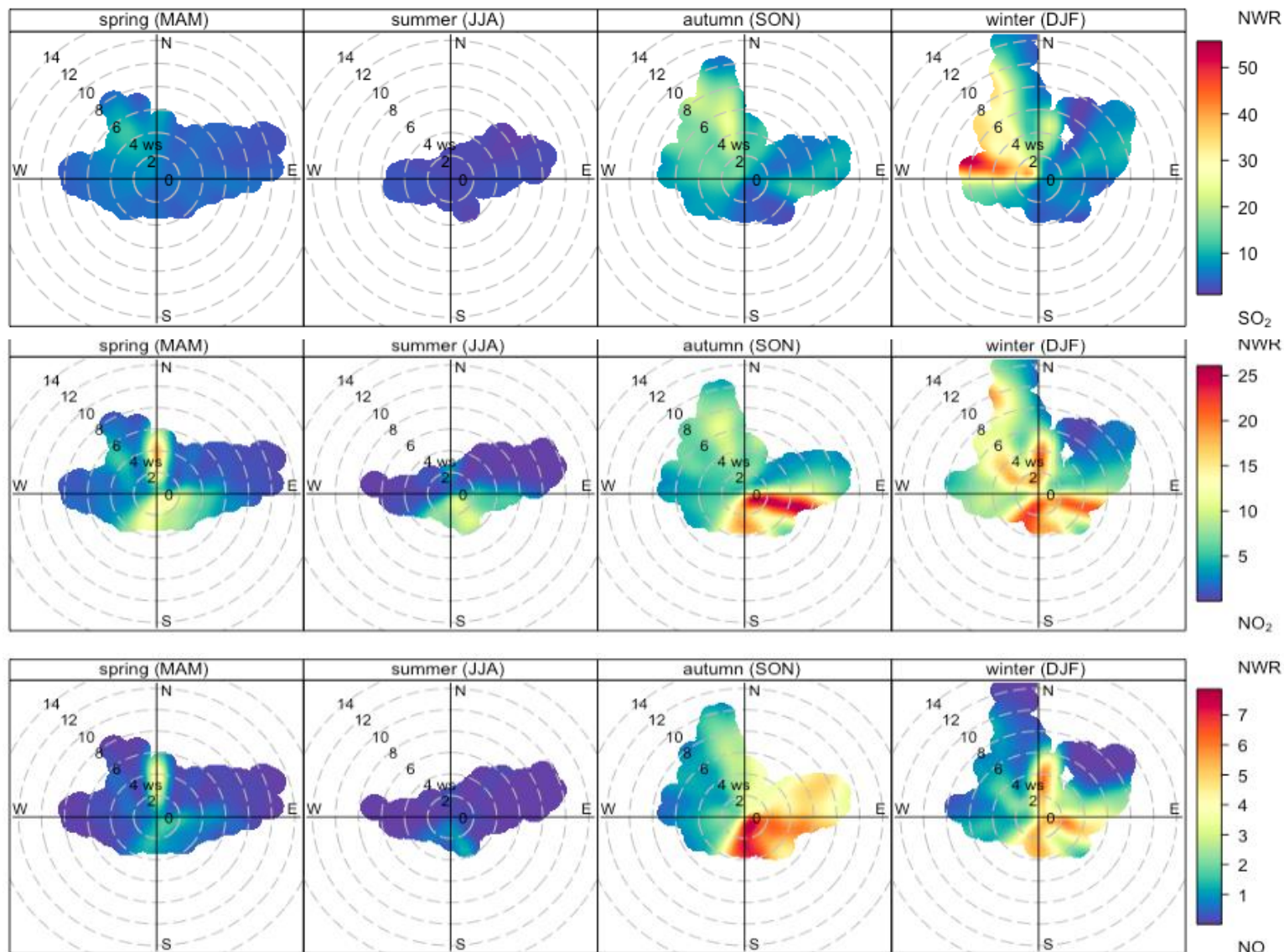




Влияние метеорологических особенностей на содержание примесей и уровень загрязнения атмосферы в воздушном бассейне Южного Прибайкалья (Танхой)

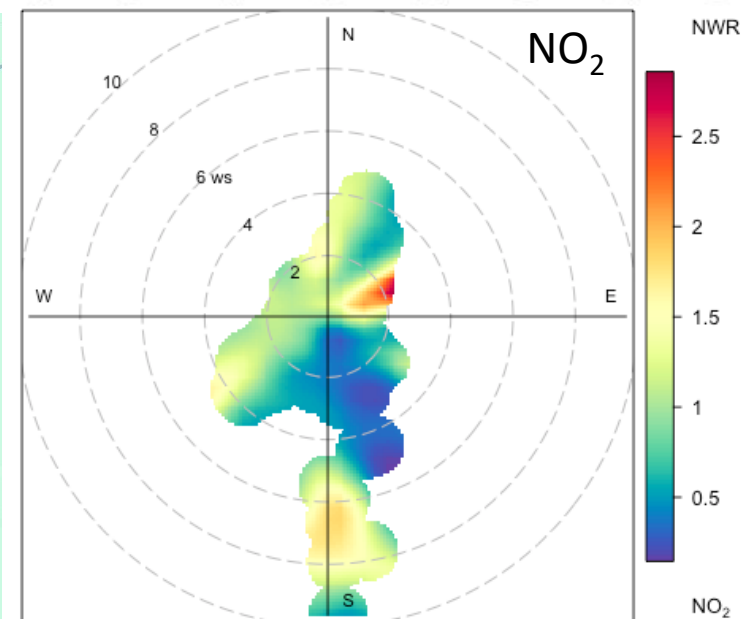
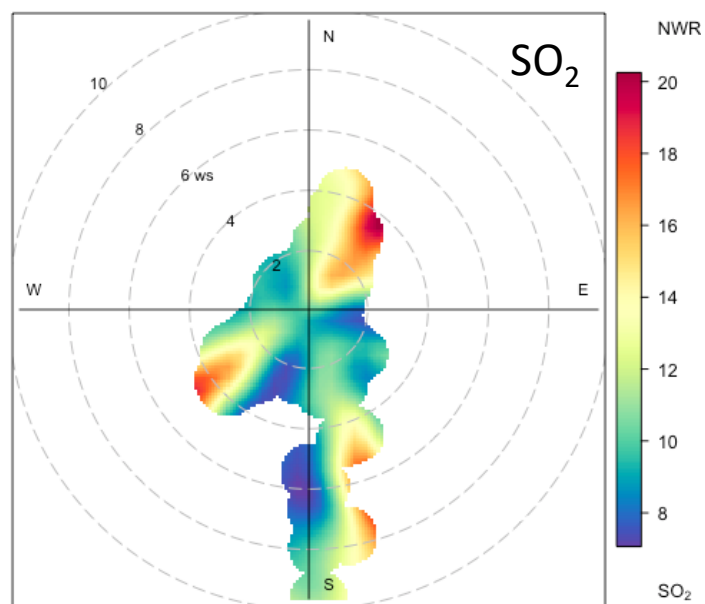
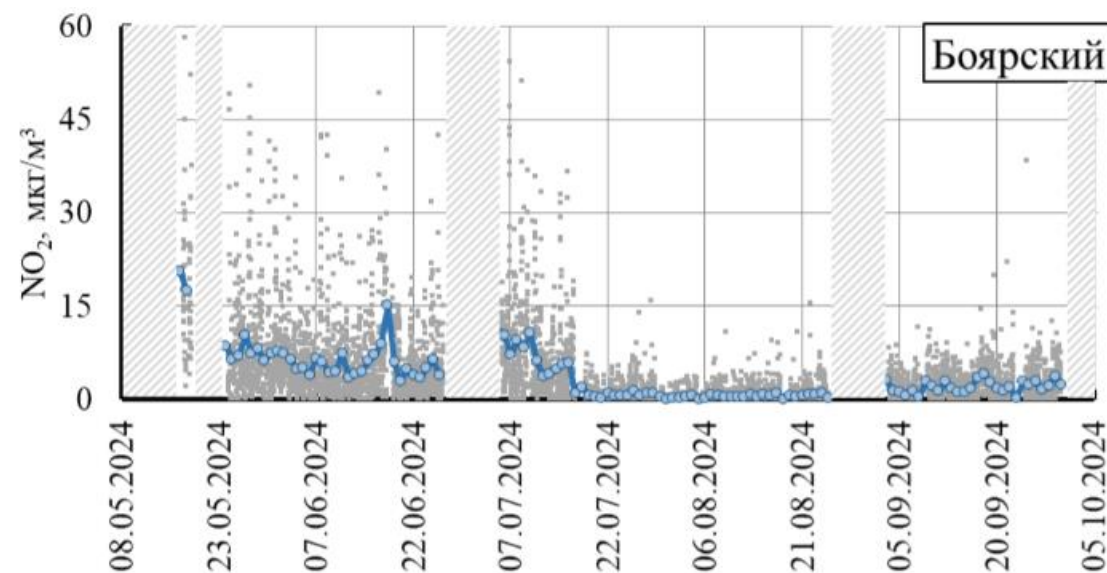
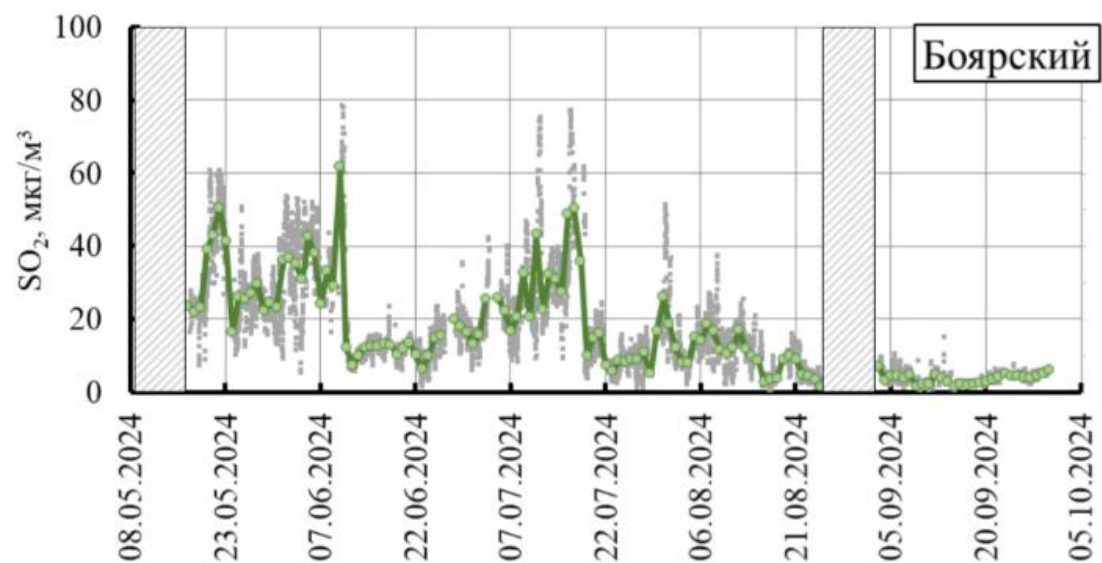
Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\text{SO}_2 > 85 \text{ мкг/м}^3$	40	17	12	0	0	0	0	0	0	0	5	32
n	1345	1145	1411	1066	2543	2612	3201	684	718	951	1386	1231
$\text{NO}_2 > 35 \text{ мкг/м}^3$	54	140	74	24	16	17	10	3	1	12	51	92
n	735	662	739	716	2541	4391	4794	684	718	740	679	744

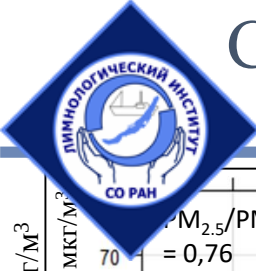
Число эпизодов с повышенными концентрациями SO_2 и NO_2 на ст. «Танхой» и общее число измерений, n – общее число измерений



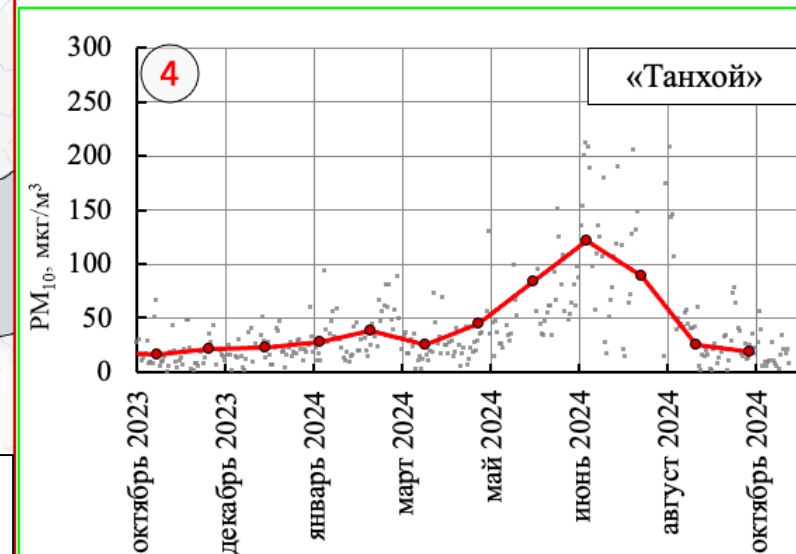
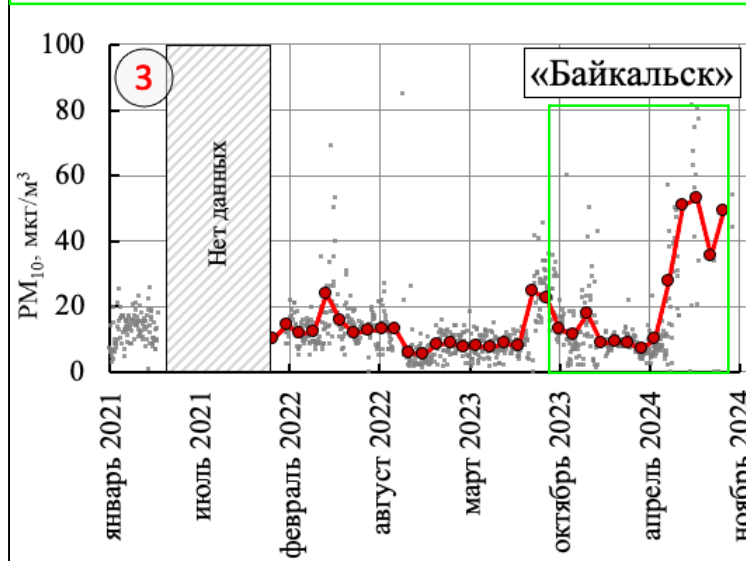
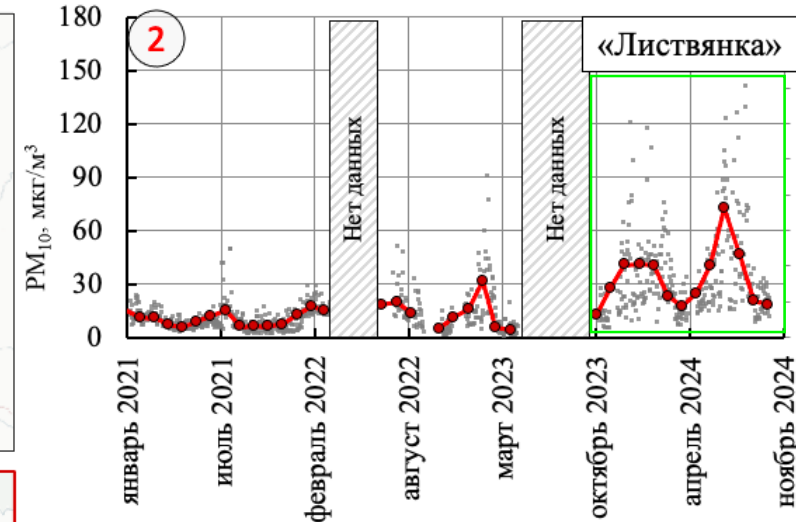
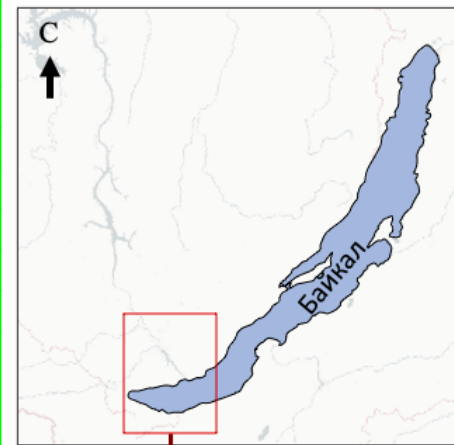
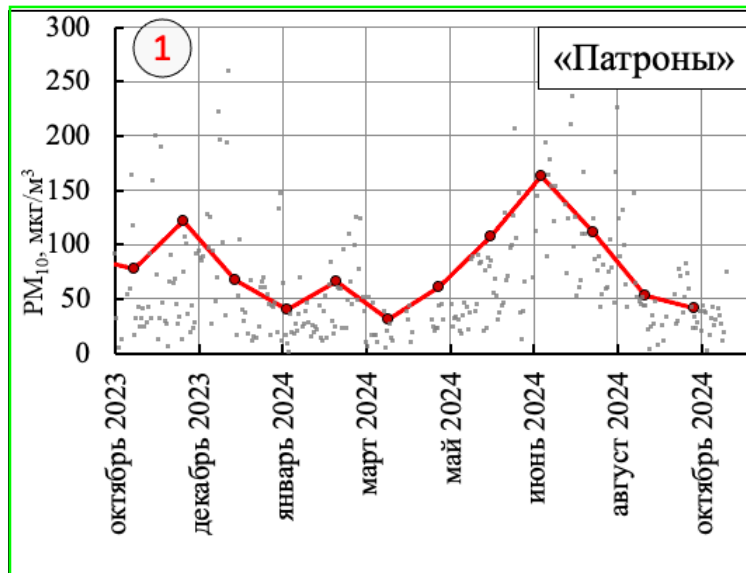
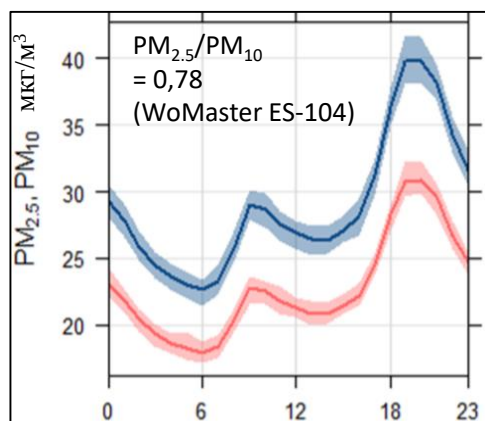
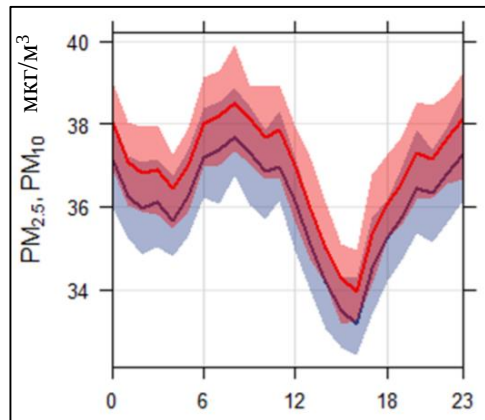
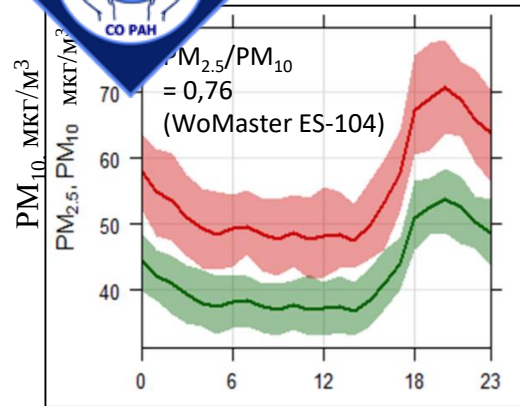


Влияние метеорологических особенностей на содержание примесей и уровень загрязнения атмосферы в воздушном бассейне Южного Прибайкалья (Боярский)





Сезонная изменчивость твердых частиц в атмосфере Южного Прибайкалья



■ – среднесуточные
— – среднемесячные



Заключение



- Реализованная система мониторинга позволила сформировать репрезентативную базу данных о состоянии атмосферы Байкальского региона. Полученные результаты представляют собой ценную основу для верификации моделей распространения загрязнений, для обучения нейронных сетей для прогнозирования состояния атмосферы, а также для точной интерпретации спутниковых измерений. Это открывает новые возможности для углубленного анализа распределения и динамики кислотообразующих и климатически активных веществ, что критически важно для оценки антропогенного воздействия и разработки мер по сохранению уникальной экосистемы озера Байкал.
- Установлено, что экстремально высокие, короткопериодные флуктуации газовых примесей в атмосфере Южного Байкала связаны с переносом шлейфов выбросов от крупных региональных угольных тепловых электростанций, расположенных в пределах Иркутской агломерации. Перенос примесей в атмосферу озера Байкал в основном происходит на высотах до нескольких сотен метров. Систематизировано влияние метеорологических факторов на содержание примесей и уровень загрязнения атмосферы в воздушном бассейне Южного Байкала.

Спасибо за внимание!

