



Оценка антропогенных выбросов в атмосферу НСНО и НМЛОС в отдельных районах Москвы и области по данным онлайн-сервиса EССAD в 2000-2023 гг.

Родионова Н.В.

**Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова РАН, г. Фрязино, МО
rnv1948123@yandex.ru*

**22-я Международная конференция "Современные проблемы дистанционного
зондирования Земли из космоса", ИКИ РАН.
11-15 ноября 2024 г. Москва**



ВВЕДЕНИЕ



- Формальдегид **воздействует климатически и токсически на локальные, региональные и глобальные процессы в окружающей среде и способствует высокому уровню загрязнения воздуха практически во всех промышленно развитых регионах России.** Продукты производства, содержащие формальдегид, попадая в жилые и нежилые помещения, создают экологический риск для здоровья населения.
- Московская область является лидером по выбросам **формальдегида (НСНО)**, который является признанным канцерогеном, относящийся к высоко опасным вредным веществам (первый (с мая 2014 года) уровень опасности из четырех).
- Источники поступления НСНО в атмосферу подразделяют на **природные и техногенные** [1]. В каждой из этих групп выделяют **первичные и вторичные источники.** Первичные источники выбрасывают непосредственно НСНО в свободном виде, вторичные – выделяют **летучие органические соединения (ЛОС)**, которые при определенных условиях в результате комплекса фотохимических реакций трансформируются в НСНО.
- Сильный яд. Канцероген. Поражает ЦНС, особенно зрение, верхние дыхательные пути. По действию – сильное раздражающее, прижигающее вещество (омертвление с длительным заживлением), наркотик. Поражает почки, печень.
- В повседневной жизни: Мебель, ДСП, фанера; текстильная, кожаная промышленность, производство резины и цемента, пластмасс, химикатов, красителей, лекарств, парфюмерии [1, 2, 7].
- В качестве консерванта используется в пищевой промышленности в качестве пищевой добавки **E240.** Формально **E240** запрещен в России для применения в пищевых продуктах. Но его применяют при производстве мясных изделий (**колбаса, сосиски**). Как **добавка-консервант** применяется в **виноделии** и производстве **икры.** Существенно продлевает срок годности продуктов. НСНО используется в качестве консерванта в средствах гигиены, моющих средствах.
- Выхлопные газы и газовые выбросы заводов и мусоросжигательных фабрик.



Формальдегид НСНО

- Формальдегид (от лат. Formica-муравей) (метаналь, муравьиный альдегид), НСНО-органическое соединение без цвета, с резким неприятным запахом. Сильный яд.
- Впервые НСНО был синтезирован А.М. Бутлеровым в 1859 году.
- Раствор НСНО в воде или спирте называется формалином.
- Ранее использовали НСНО в целях бальзамирования и консервации, поскольку предохраняет ткани животного происхождения от разложения.
- Получают НСНО из метанола (древесный спирт, метиловый спирт), каталитическим окислением метилового спирта кислородом воздуха.
- Впервые метанол был выделен из продуктов сухой перегонки древесины. Сейчас метанол получают из природного газа, который в основном состоит из СН₄.

Степень опасности определяется по значениям предельной концентрации в воздухе рабочей зоны

класс	1	2	3	4
ПДК, мг/м ³	До 0.1	0.1÷1.0	1.1÷10.0	От 10.0
	Самостоятельно не разлагаются, природа не восстанавливается даже при их ликвидации.	Разлагаются более 30 лет. После удаления источника природа долго восстанавливается.	Разлагаются более 10 лет.	Самостоятельно разлагаются от 3 до 10 лет.



Формальдегид в закрытых помещениях



- Во многих квартирах содержится высокий уровень формальдегида. Он может проникнуть вместе с воздухом, может появиться от различных предметов, которые его выделяют:
- - отделочные материалы: окна и потолки из ПВХ, обои, напольные покрытия, плинтусы;
- - мебель из фанеры, ДСП, ДВП, МДФ;
- - предметы повседневного обихода: мебель, игрушки, техника, канцтовары, посуда, лаки, шампуни для волос.
- - табачный дым, открытый огонь, использование средств дезинфекции.

Некоторые комнатные растения способны поглощать пары формальдегида. Самые популярные и действенные из них фикус, плющ и хризантемы.

НСНО – канцероген, повреждает молекулу ДНК

Недавно ученые обнаружили, что небольшое количество формальдегида вырабатывают собственные клетки организма человека. Неожиданностью стало то, что источником формальдегида оказалась биохимическая реакция, в ходе которой производятся самые важные для жизни вещества: ДНК и аминокислоты». Ученые с удивлением обнаружили, что токсичный формальдегид необходим живым клеткам, так как он тоже помогает синтезировать ДНК. Формиат, в который он превращается, используется для строительства некоторых молекул. Таким образом, нечто токсичное превращается в нечто полезное, а ***фолиевая кислота и формальдегид обладают противоречивыми свойствами: они помогают в синтезе жизненно важных молекул, и в то же время способствуют возникновению повреждений в ДНК, которые могут привести к раку.*** (<https://www.euroonco.ru/science-news/kantserogennyj-formaldegid-vyrabatyvaetsya-v-telecheloveka>).



Источники и стоки НСНО



Основные источники формальдегида — промышленные выбросы, а также материалы и товары, в состав которых он входит: ДСП, краски, лаки, текстиль.

Огромное количество формальдегида выделяется в атмосферу из-за деятельности человека. **Автомобильный транспорт, химические предприятия, мусоросжигательные заводы, деревообрабатывающие фабрики** — все это источники формальдегида в атмосферном воздухе. Имеется формальдегид в табачном дыме и других продуктах горения.

Формальдегид образуется главным образом в результате сжигания органических материалов и ряда природных и антропогенных воздействий. Вторичное образование формальдегида происходит в атмосфере в результате окисления природных и антропогенных летучих органических соединений.

Одновременно формальдегид постоянно подвергается разложению до углекислого газа под действием солнечного света и оксидов азота, а также вымывается из воздуха дождём и затем перерабатывается бактериями.



Рис. 1. Источники выбросов НСНО в атмосферу



Экономические аспекты

- Формальдегид является одним из наиболее ценных продуктов промышленности и используется в производстве тысяч других промышленных и потребительских продуктов. По **экономическим причинам его редко можно заменить** некими аналогами, В 2011 году мировое производство формальдегида составило 18 млн тонн в год (рассчитано на 100%-ый формальдегид). Основная масса формальдегида расходуется на производство полимеров: аминополимеры — 34 %, фенольные полимеры — 12 %, полиацетальные полимеры — 9 %^[27].
- Формальдегид используется для **получения фенолоформальдегидных смол, изопрена, красителей, взрывчатых веществ, лекарств (уротропин), а также как дубящее, антисептическое и дезодорирующее средство, консервант биологических и анатомических препаратов, в кожевенном производстве – для обработки кож.**
- Формальдегид для **промышленных нужд получают из метана и метанола,** также он **содержится в атмосферном воздухе.** Во втором случае он появляется в результате **фотохимических реакций и процессов трансформации органических соединений** – автомобильный транспорт, химические предприятия, мусоросжигательные заводы, деревообрабатывающие фабрики, табачный дым и другие продукты горения.



Онлайн сервис ECCAD



Количественная оценка эмиссии химических соединений в атмосферу необходима как входной параметр для моделирования климата [3, 4]. Все оценки эмиссий разрабатываются с использованием одного и того же общего метода, основанного на произведении оценок для данных о деятельности (например, расход топлива или производство товаров) и коэффициентов выбросов. Данные об активности обычно поступают либо из баз данных отдельных стран, либо из международных организаций, таких как ООН или Международное энергетическое агентство. Коэффициенты выбросов для большинства газообразных и всех видов твердых частиц зависят от процесса генерации. Эта зависимость выражается либо в определении типа технологии в каждом регионе мира («технологический базис»), либо в выборе факторов выбросов, которые считаются репрезентативными для каждого региона, особенно с учетом характеристик развития («репрезентативные факторы выбросов») [3, 4, 5].

Одним из источников информации об эмиссиях ЗВ является, находящийся в открытом доступе, онлайн-сервис ECCAD (Emissions of atmospheric Compounds & Compilation of Ancillary Data) (<http://eccad.aeris-data.fr>) [3]. ECCAD разработан как часть французского портала AERIS (<http://www.aeris-data.fr>), который предоставляет доступ к различным продуктам, связанным с науками об атмосфере, таким как наземные, спутниковые наблюдения, лабораторная и спектроскопическая информация, инструменты моделирования и выбросы с поверхности. Более 100 наборов данных об эмиссии ЗВ в глобальном и региональном масштабах, с различными пространственными и временными разрешениями и временными периодами доступны на онлайн-сервисе ECCAD. Базы данных включают измерения спутников Metop, Envisat, AURA, NOAA, TERRA и других [3].

В онлайн сервисе ECCAD в категорию антропогенных входят 9 проектов, каждый из которых включает в себя несколько баз данных. Так в настоящей работе использовалась база данных CAMS-GLOB-ANT, входящая в проект CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) (6 баз данных) с ПР $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ для периода 2000-2023 гг. Так в CAMS-GLOB-ANT v. 5.3 доступна информация о многовременных вариациях 36 параметров (CO , CH_4 и т.д.) и 21 секторе.



Выбросы НСНО



Московская область является лидером по выбросам НСНО [6, 8], который является признанным канцерогеном, относящийся к высоко опасным вредным веществам (первый (с мая 2014 года) уровень опасности из четырех).

На карте НСНО кадастра CAMS-GLOB-ANT онлайн-сервиса ECCAD Москвы с областью (<https://eccad.sedoo.fr/>) (рис.1) выделились по наибольшему значению концентрации НСНО Мытищи (55.95° N, 37.75° E), Видное (55.55° N, 37.75° E), Электросталь (55.75° N, 38.45° E) (стрелки на карте).

CAMS-GLOB-ANT Anthro formaldehyde - Sum Sectors - v5.3 - 2000-01

0.293Tg

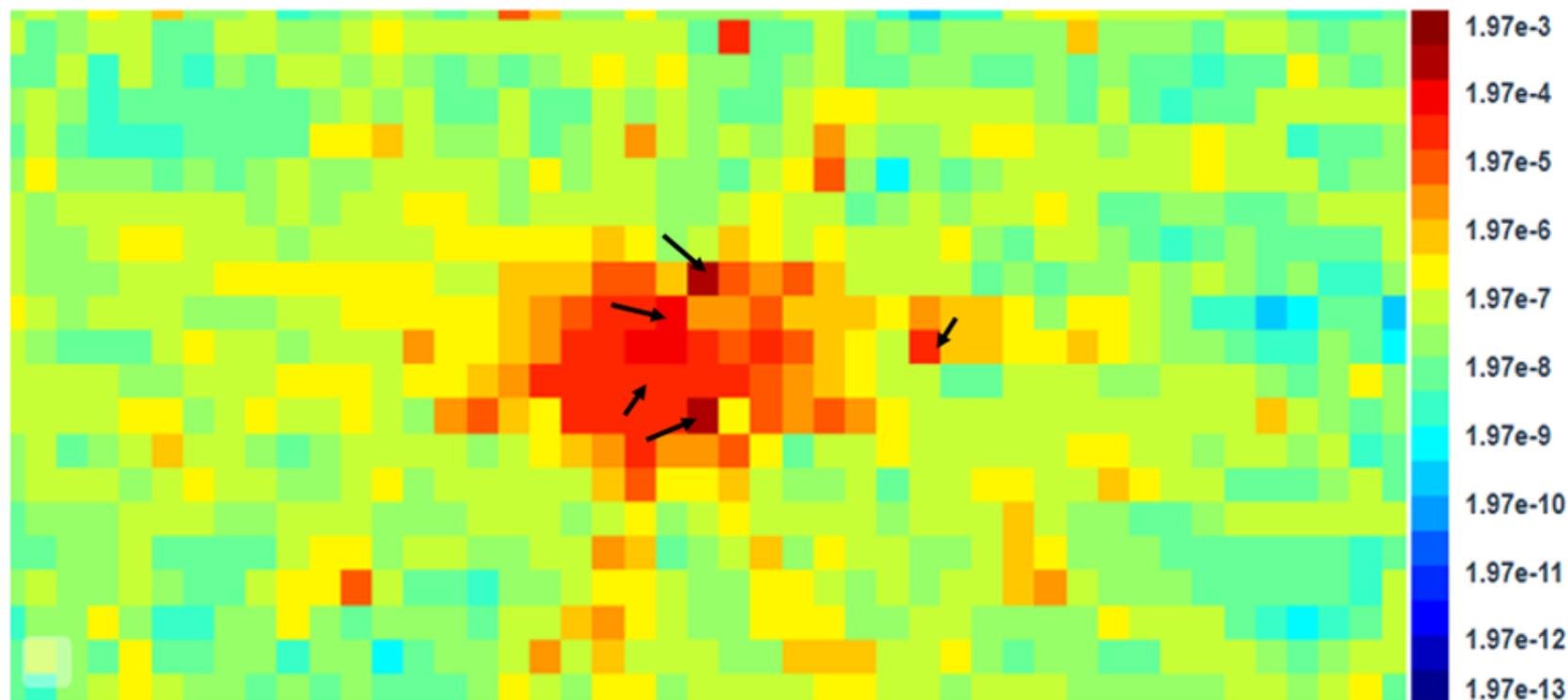


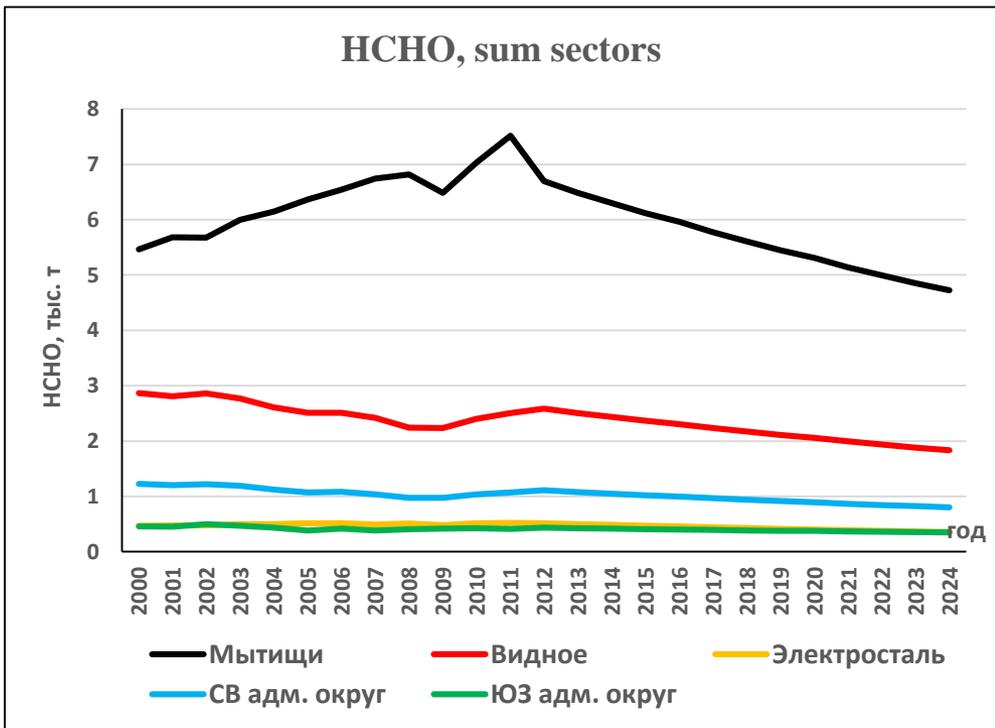
Рис. 1. Карта НСНО кадастра CAMS-GLOB-ANT онлайн-сервиса ECCAD для Москвы (СВ АО. округ 55.85° N, 37.65° E, ЮЗ АО 55.65° N, 37.55° E) и области



Антропогенные выбросы НСНО



Для оценки среднегодовых антропогенных выбросов НСНО используется база данных CAMS-GLOB-ANT с ПР 0.1° x 0.1° (размер ячейки на широте Москвы 11.1 км*6.2 км=68.8 км²). На рис. 2 показаны графики объемов выбросов ЗВ в тысячах тонн в год по сумме секторов, основной вклад в который дают три сектора: производство тепла и электричества (energy), промышленность (industries), бытовой сектор (residential).



Класс опасности	ЗВ
1-чрезвычайно опасный Самостоятельно не разлагаются. Природа не восстанавливается даже при их ликвидации Источник – промышленность.	НСНО -
2 - высокоопасный Разлагаются более 30 лет. Источник – химические предприятия и лаборатории.	НМЛОС

Рис. 2. Среднегодовые антропогенные выбросы НСНО в атмосферу СВ и ЮЗ АО Москвы (в пределах ячейки 0.1°x0.1°) и трех городов МО по сумме секторов (Мытищи пл. 34.59 км², Видное пл. 18 км², Электросталь 49.51 км²)



Секторы, ответственные за выбросы НСНО



Для Мытищ и Видного практически все выбросы НСНО приходятся на энергетический сектор. Для Электростали три сектора ответственны за выбросы НСНО - промышленный, энергетика и бытовой (рис. 3).

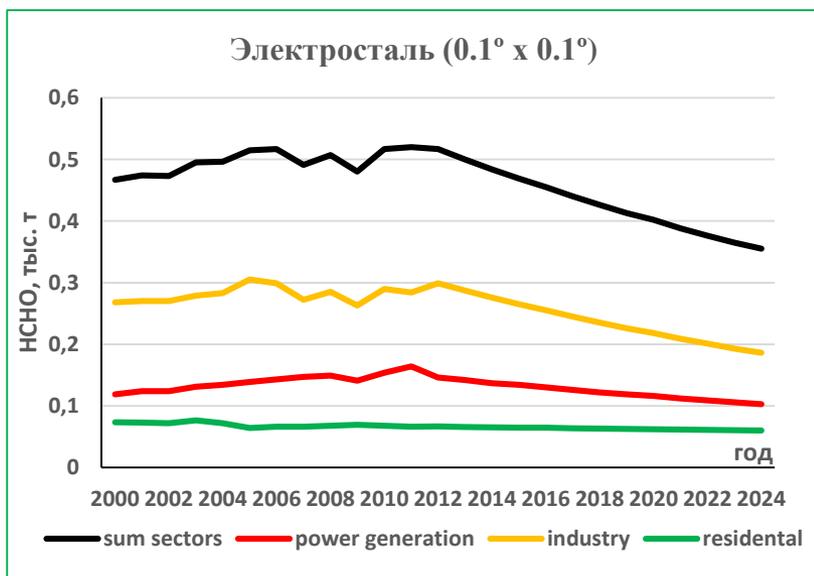
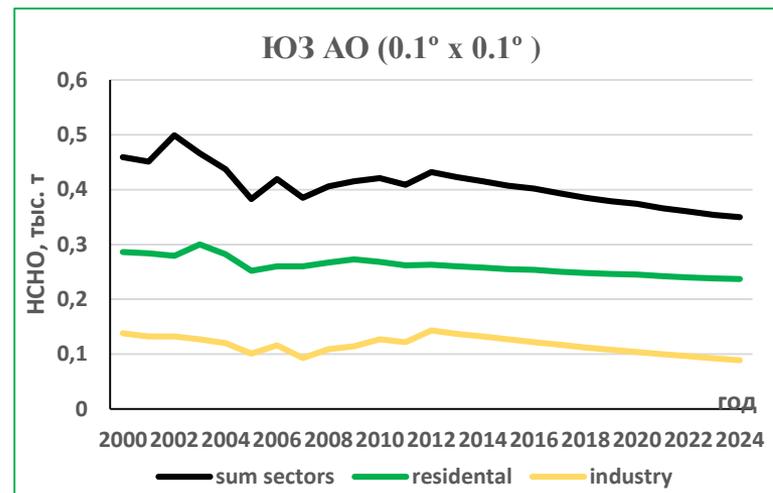
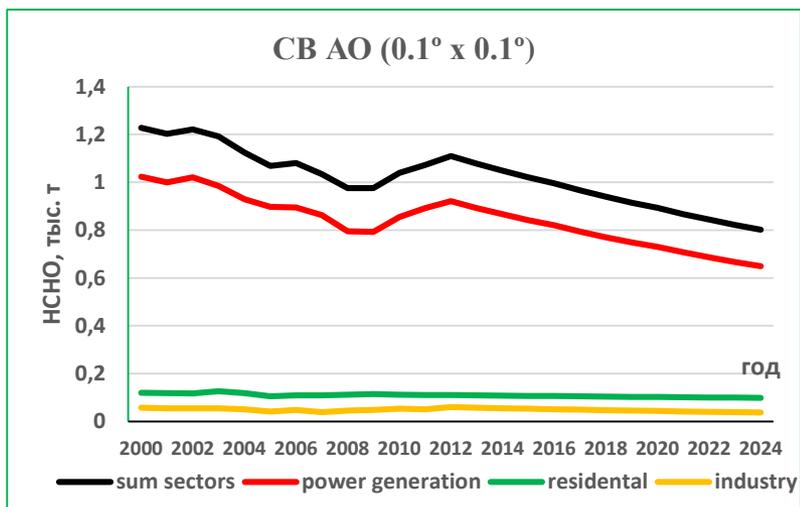


Рис. 3. Секторы, ответственные за выбросы НСНО для СВ АО (пл. 101.88 км²), ЮЗ АО (111.36 км²) Москвы и г. Электросталь



Основные источники НМЛОС-неметановые летучие органические соединения



ЛОС-летучие органические соединения, которые выделяются в виде газов из твердых или жидких веществ. Они легко испаряются при комнатной T° . Повреждение органов дыхания, повышенный риск развития рака, влияние на репродуктивную функцию.

Классификация ЛОС по происхождению:

Природные	Искусственные
Продукты обмена веществ в клетках растений, животных и микроорганизмов (изопрен, ацетон и др.)	Химическая промышленность, нефтепереработка, пищевая промышленность и бытовые процессы: производство растворителей, лакокрасочных изделий, пестицидов, фармацевтики: бензол, толуол, стирол, хлороформ ($CHCl_3$). Автотранспорт – выхлопные газы содержат углеводороды, оксиды азота. Бензин и дизельное топливо содержат ароматические углеводороды, такие как бензол (C_6H_6) и толуол (C_8H_8), которые высвобождаются при сгорании топлива.

Перечень ЛОС

Ароматические углеводороды

Бензол (2)- канцероген, толуол, стирол (2), нафталин.

Используется в промышленности: производство пластмасс, лакокрасок, растворителей, фармацевтики, духов. Входит в состав автомобильных выбросов и табачного дыма. Бензол связан с развитием лейкемии и др. видов рака.

Токсичные газы

$HCNO$ (1), хлороводород, аммиак, оксиды азота и др.

$HCNO$ используется в промышленности, медицине, производстве строительных материалов и бытовых товаров.

Растворители

Метиловый и этиловый спирты, ацетон. Используется в различных промышленных процессах и при изготовлении бытовых предметов. К ЛОС относятся растворители, которые содержатся во многих продуктах: клей, аэрозоль, краски, промышленные растворители, лаки, бензин, чистящие жидкости. Приводят к отравлению при высоких концентрациях и др.



Выбросы НМЛОС

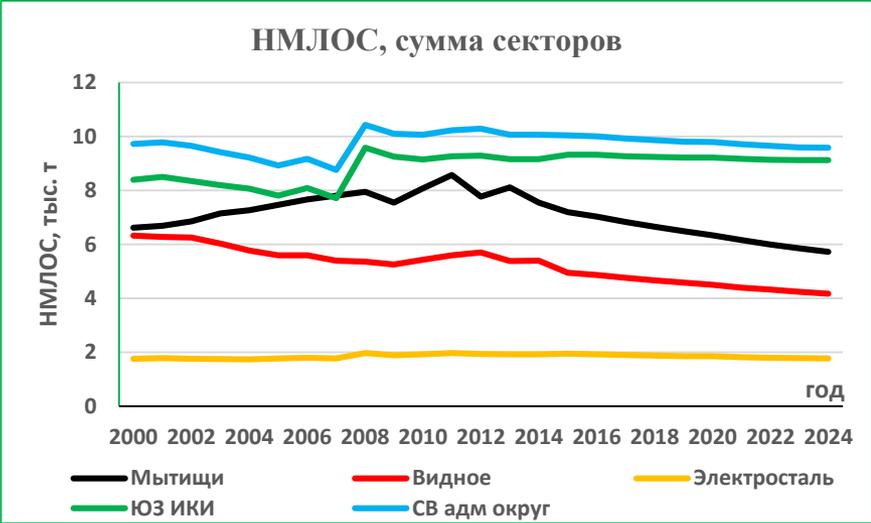
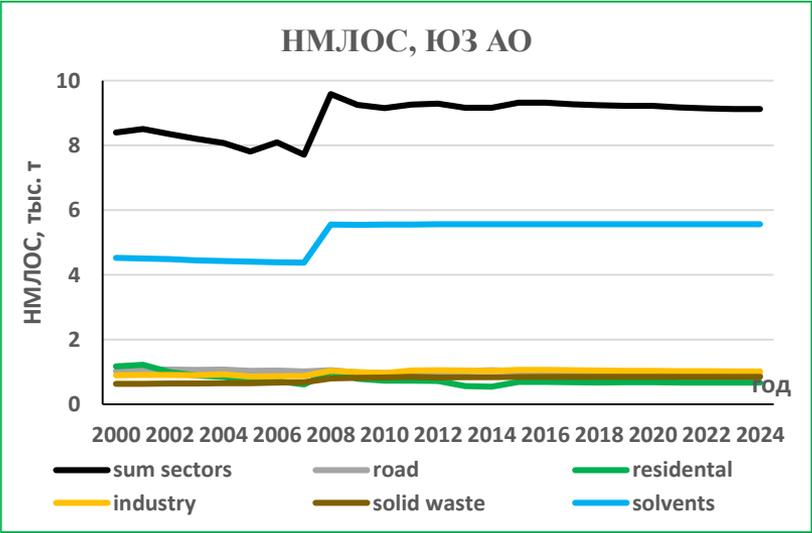
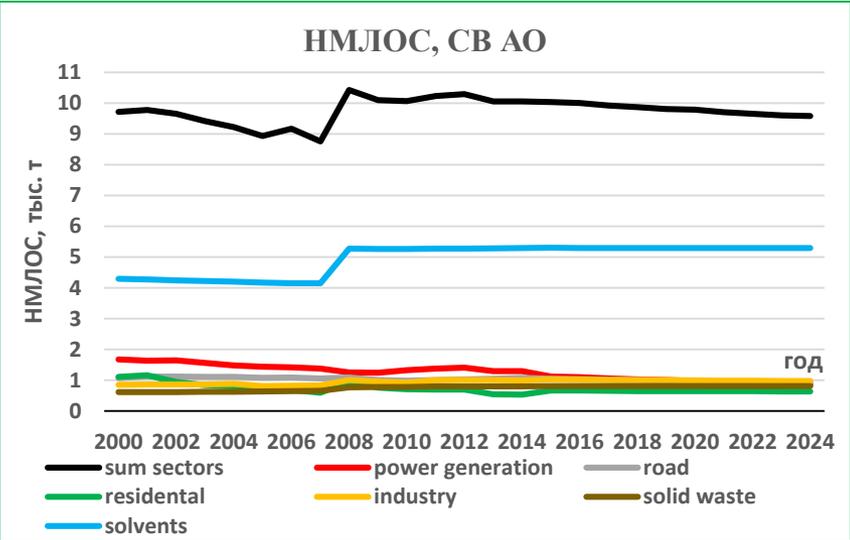


Рис.4. Графики выбросов не метановых летучих органических соединений в МО и Москве (в пределах ячейки 0.1°x0.1°)



На рис. 5 показаны секторы, ответственные за выбросы НМЛОС в двух АО Москвы

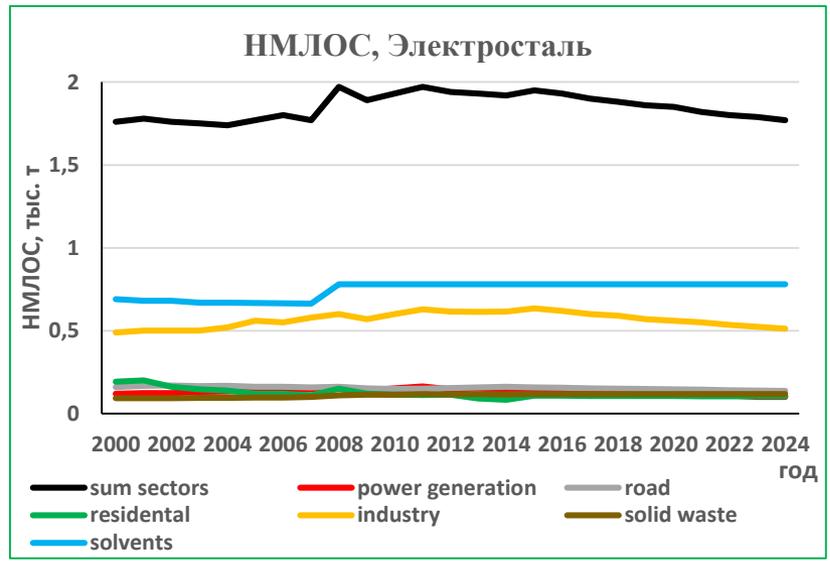
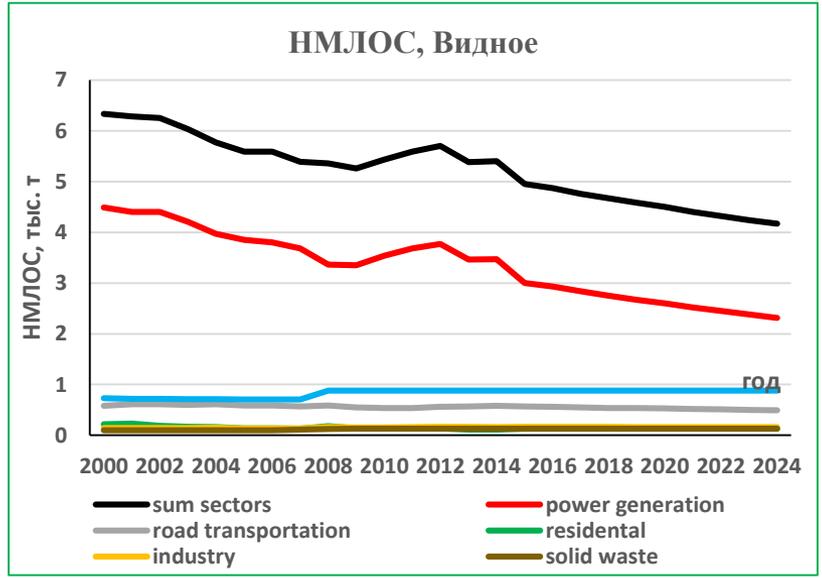
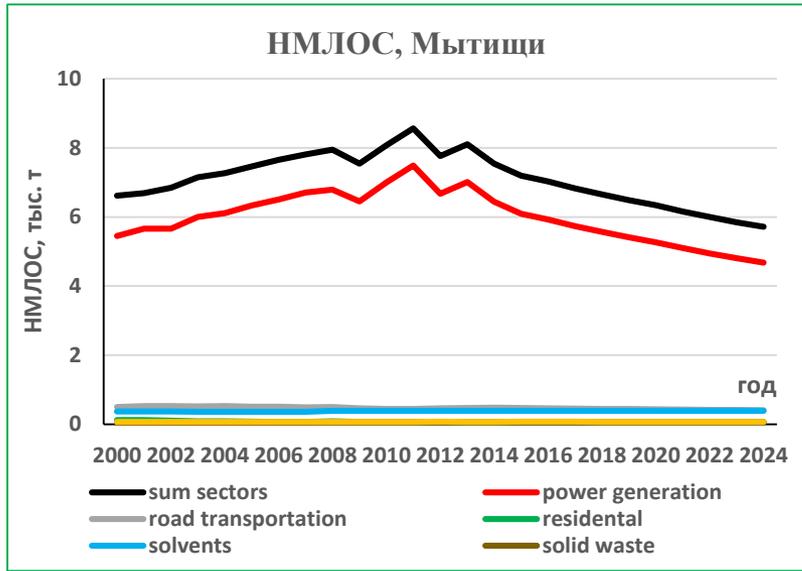


Рис. 6. Секторы, ответственные за выбросы НМЛОС в трех городах МО.



Динамика выбросов НСНО и НМЛОС

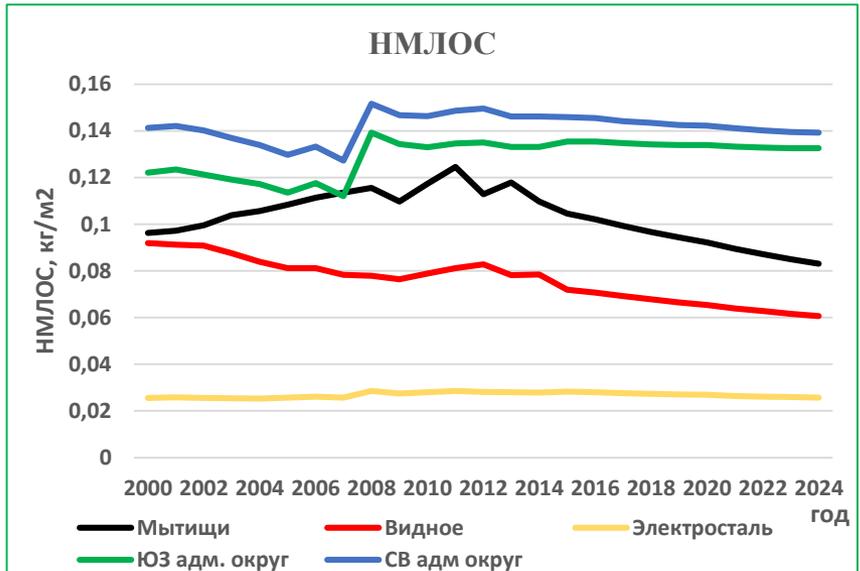
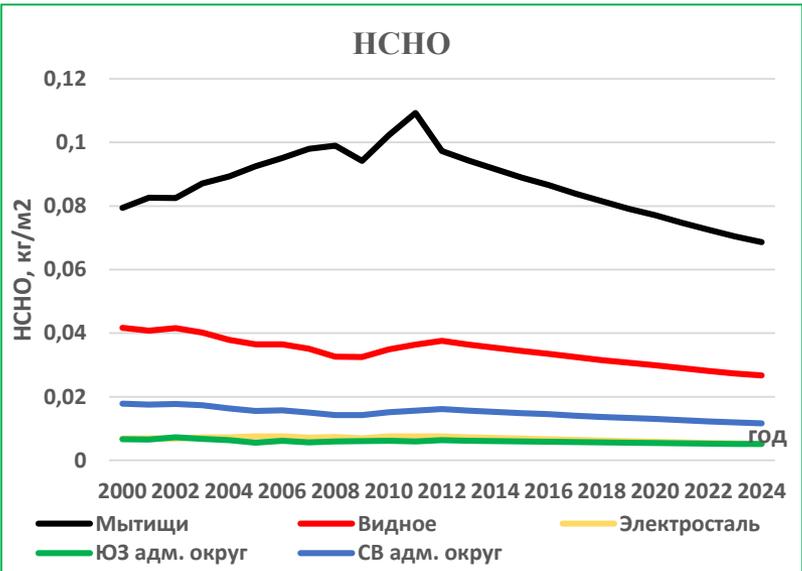


Рис. 7. Выбросы НСНО и НМЛОС на единицу площади (кг/м²) для СВ АО и ЮЗ АО Москвы и трех городов МО (Мытищ, Видного и Электростали)



ВЫВОДЫ

В данной работе на примере трех городов Московской области (область относится к лидерам по выбросам НСНО) Мытищ, Видного, Электростали, и двух АО Москвы (ЮЗ и СВ), показана динамика антропогенных выбросов в атмосферу НСНО и не метановых ЛОС (НМЛОС) на основе базы данных CAMS-GLOB-ANT онлайн сервиса ECCAD [4, 5] для 2000-2023 гг. с пространственным разрешением $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ и временным разрешением год.

По выбросам НСНО (класс опасности 1) лидирует город Мытищи, почти в 2 раза меньше выбросы в Видном и на порядок меньше в Электростали. Для Мытищ и Электростали максимум выбросов приходится на 2010 год. Для Мытищ и Видного практически все выбросы НСНО связаны с энергетическим сектором. Для Электростали три сектора ответственны за выбросы НСНО - промышленный, энергетика и бытовой. Для ЮЗ АО (в пределах ячейки сетки $0.1^\circ \times 0.1^\circ$) выбросы НСНО близки к выбросам в Электростали, главные источники- бытовой сектор и промышленность. В СВ АО выбросы НСНО почти в 3 раза больше, чем в ЮЗ АО, главный их источник- энергетика.

По выбросам НМЛОС (бензол, стирол, хлороформ и др., класс опасности 1÷4) лидируют АО Москвы, где главным источником этих выбросов является сектор растворители (solvents). В Мытищах и Видном основным ответственным за выбросы НМЛОС является энергетический сектор, в Электростали – растворители и промышленный сектор. По выбросам НСНО на единицу площади в год лидирует Мытищи и НМЛОС - СВ АО.



Сравнение разных баз данных

Следует отметить, что разные базы данных могут предоставлять разную информацию о выбросах ЗВ для одной и той же территории. В работе [4] при сравнении нескольких кадастров среди причин различий между ними приводятся такие: 1) данные о деятельности и подробные сведения о факторах выбросов, которые используются для составления кадастров, как правило, не предоставляются вместе с кадастрами, 2) кадастры выбросов регулярно обновляются с использованием самых последних данных о деятельности и коэффициентах выбросов, что может привести к значительным различиям между различными версиями одного кадастра, 3) каждый набор данных/модель отличается способом обработки данных и подготовки к расчетам. Такая информация либо не предоставляется, либо ее довольно сложно оценить, если она есть.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН”.



СПАСИБО!



ЛИТЕРАТУРА

1. Халиков И.С. Формальдегид в атмосферном воздухе: источники поступления и пути удаления// Экологическая химия 2019, 28(6); 307–317.
2. Бубнова Д.А. Загрязнение атмосферного воздуха формальдегидом в процессе производства продукции деревообработки
https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/27211/Zagryaznenie_atmosfernogo_vozduha_formaldegidom_v_processe_proizvodstva_produkcii_derevoobrabotki.pdf?sequence=1&ysclid=m1gf98hmwn108425660
3. Bessagnet, C.B., et al. (2011), Evolution of anthropogenic and biomass burning emissions of air pollutants at global and regional scales during the 1980–2010 period, Climatic Change, 109. No. 163.
4. Lamarque J.-F., et al. (2010), Historical (1850–2000) gridded anthropogenic and biomass burning emissions of reactive gases and aerosols: methodology and application, Atmos. Chem. Phys., 10, 7017–7039.
5. Peuch, V.-H., et al. (2014), Final Report MACC-II Monitoring Atmospheric Composition and Climate - Interim Implementation, MACC-II Final Report – October 2014.
6. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2020 год. Ежегодник. СПб. 2021. ФГБУ, “ГГО” Росгидромета. 2021
http://voeikovmgo.ru/images/stories/publications/2021/ejegodnik_zagr_atm_2020.pdf
7. Вредные вещества в промышленности- М.–Ленинград: Изд. «Химия», 1965.
8. <https://dzen.ru/a/ZIcDy5UGVw-HGsUI?ysclid=m1w1izv1v7391725748>