



Новосибирский государственный университет  
Федеральная программа подготовки управленческих кадров  
Центр дополнительного образования НГУ

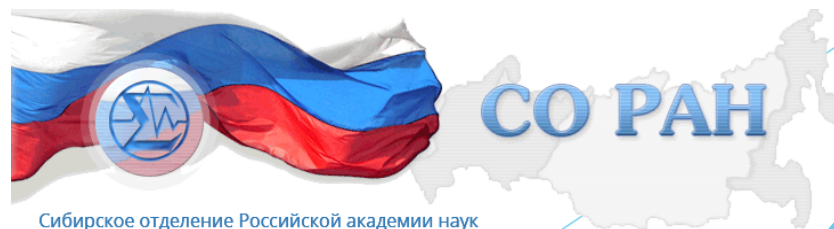
**N\*** Новосибирский  
государственный  
университет  
\*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

## Информационно-экспертная система экологического мониторинга и прогнозирования (ИЭС)

Марченко Михаил, Фокина Ольга

Научный руководитель - д.э.н., профессор В.Д. Маркова

12.12.2020  
Новосибирск



Сибирское отделение Российской академии наук

# Проблематика проекта

# Экологические проблемы в Новосибирске

## В Новосибирске вопросы качества воздуха очень актуальны...

3 часа назад, источник: Сиб.фм

### Причины смога и вони в Новосибирске назвал министр экологии

Андрей Даниленко рассказал, что индекс загрязнения атмосферного воздуха в городе по сравнению с девяностыми годами прошлого века снизился более чем в 3 раза.



Источник: Сиб.фм

Министр природных ресурсов и экологии Новосибирской области Андрей Даниленко рассказал, почему в Новосибирске регулярно появляются смог и неприятный запах.

По словам министра, такое явление обусловлено физико-географическим положением города на карте страны.

«Мы находимся в суровых климатических условиях, мы вынуждены применять систему теплоснабжения. К сожалению, мы не юг. Второе — есть такое понятие, как «потенциал загрязнения атмосферы», который обусловлен климатическими условиями. В Сочи и Питере потенциал равен единице, а у нас — 3,5. То, что выбрасывается в атмосферу в Петербурге, у нас рассеивается в 3,5 раза хуже. Это та данность, от которой мы никуда не денемся»

заявил Даниленко

По его словам, индекс загрязнения атмосферного воздуха в Новосибирске в настоящее время составляет 11, в то время как в девяностые годы прошлого века показатель равнялся 35.

В больницы Новосибирской области поступят 300 кислородных концентраторов для пациентов с коронавирусом

Следователи раскрыли убийство 18-летней девушки под Новосибирском — она пропала еще в 90-х

Новую ледовую арену в Новосибирске построят раньше срока — когда это произойдет

До суда дошли дела медсестер, которые жестоко обошлись с детьми в новосибирской туберкулезной больнице

В Новосибирске подняли стоимость проезда в троллейбусах и автобусах. Платить больше будем с 15 декабря

В Новосибирской области возобновили диспансеризацию и профосмотры

Почему в Новосибирске закрывают три ковидных госпиталя? Отвечает министр здравоохранения НСО

Власти Петербурга попросили туристов не приезжать на Новый год. В городе закроют музеи и кафе

Решили проблему: «Ройал Парк» поставил пластиковые щиты на фуд-корте — теперь там снова можно есть

Дерево в Новосибирске покрылось искрящимся снегом — смотрим 10 красивых фотографий

На сотрудника мэрии Бердска составили протокол за избиение журналиста — на работе его наказывать не стали

### В Новосибирск вернулся неприятный запах. Мэр говорит, что побороть его пока невозможно

На этой неделе горожане несколько раз жаловались на то, что трудно дышать

11 113 126 обсудить

поделиться



В начале недели над городом была густая дымка  
Фото: Стас Соколов

поделиться

### Мэр Новосибирска объяснил проблему неприятного запаха в городе

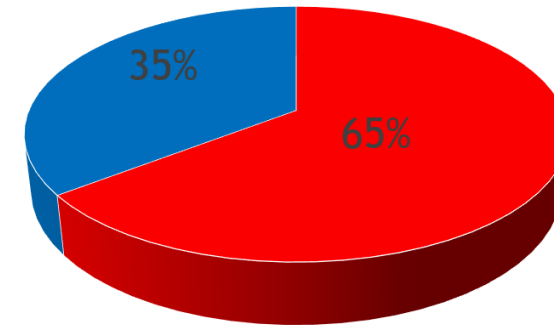
В Центральном районе Новосибирска сегодня, 3 декабря, ощущался неприятный запах. Несколько дней назад, в ночь с 30 ноября на 1 декабря, в городе была дымка, из-за которой некоторым горожанам было трудно дышать. Ситуацию с воздухом прокомментировал мэр города Анатолий Локоть.

— Неприятный запах появляется периодически. Беда в том, что источники совершенно точно находятся не на территории Новосибирска. Поэтому влияние мэрии на решение этой проблемы напрямую невозможно. Мы сотрудничаем с Роспотребнадзором, Министерством экологии, есть определенные взгляды на этот счет. Сформулировали вопросы в адрес мясокомбината и других предприятий, но пока проблема не решена, — рассказал глава города во время пресс-конференции.

# Проблемы со здоровьем населения в НСО

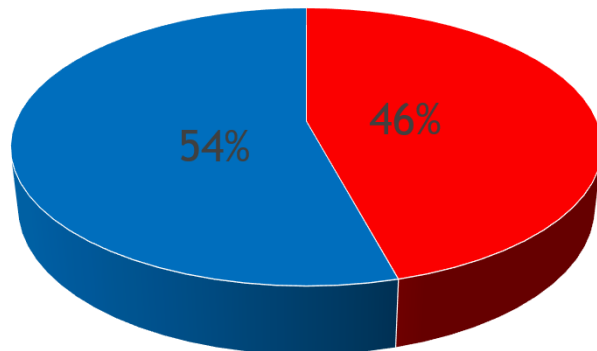
- ▶ У каждого третьего жителя Новосибирской области выявлены болезни органов дыхания
- ▶ Практически у каждого второго подростка выявлены болезни органов дыхания
- ▶ Более 70% детей в области имеют эти же заболевания

Приоритетная первичная заболеваемость взрослого населения в Новосибирской области в 2018 г.



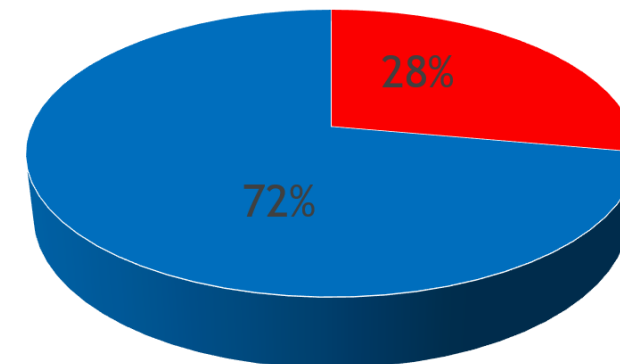
■ Прочие заболевания ■ Болезни органов дыхания

Приоритетная первичная заболеваемость подростков в Новосибирской области в 2018 г.



■ Прочие заболевания ■ Болезни органов дыхания

Приоритетная первичная заболеваемость детей в возрасте до 14 лет в Новосибирской области в 2018 г.

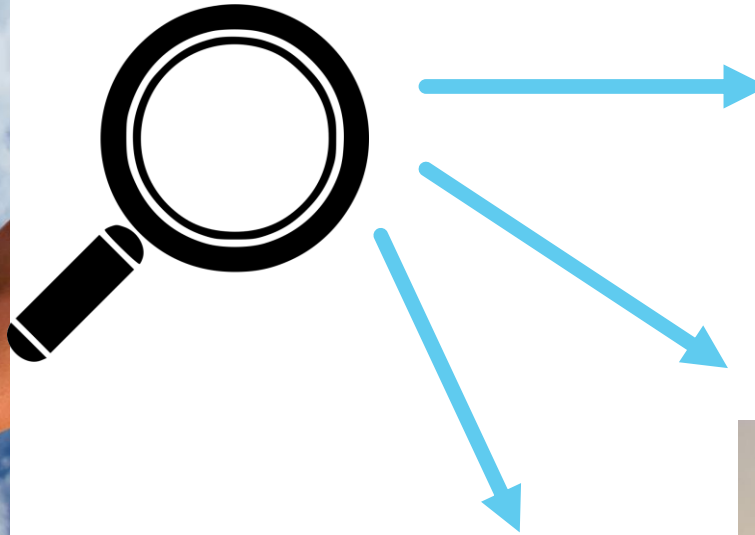


■ Прочие заболевания ■ Болезни органов дыхания



# Основной тезис

Охрана окружающей среды невозможна без мониторинга экологической ситуации и прогнозирования ее изменений.



# Государственный экологический контроль в РФ

**Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации** – федеральный орган исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере изучения, использования, воспроизводства и охраны природных ресурсов.

**Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор)** – осуществляет функцию по контролю и надзору в сфере природопользования, а также в пределах своей компетенции в области охраны окружающей среды, в том числе в части, касающейся ограничения негативного техногенного воздействия, в области обращения с отходами (за исключением радиоактивных отходов) и государственной экологической экспертизы.

**Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)** – осуществляющим функции по оказанию государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей среды, ее загрязнения, государственному надзору за проведением работ по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы. Оказание государственных услуг в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, мониторинга окружающей среды, ее загрязнения

**Федеральное агентство лесного хозяйства (Рослесхоз)** – осуществляет функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере использования лесов.

**Федеральное агенство по недропользованию (Роснедра)** – осуществляет функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере недропользования.

**Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы)** – осуществляет функции по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов.

# Экологический надзор в Новосибирской области

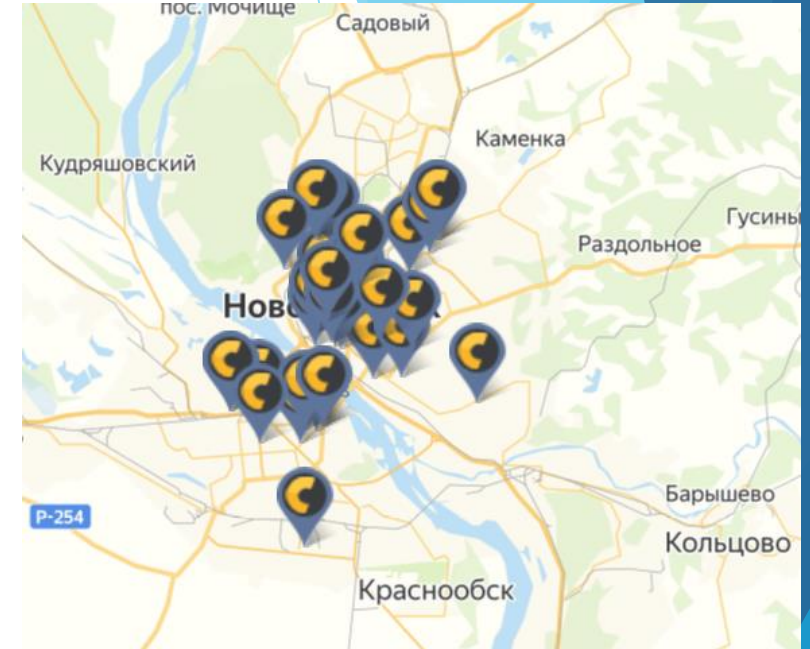
## Федеральный экологический надзор

- Сибирское межрегиональное управление Росприроднадзора является территориальным органом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования межрегионального уровня на территории Новосибирской, Омской и Томской областей.

## Региональный экологический надзор

- Министерство природных ресурсов и экологии Новосибирской области является органом исполнительной власти Новосибирской области, осуществляющим государственный экологический надзор на территории области.
- Осуществляет надзор в области охраны атмосферного воздуха.

Есть система управления, но нет полноценной системы сбора данных экологического мониторинга и их обработки для дальнейшего использования





# Мировая практика экологического мониторинга

- ▶ Создание сетей мониторинга экологической ситуации с использованием недорогих сенсоров на основе технологии интернета вещей (IoT) и с применением методов искусственного интеллекта
- ▶ Информирование населения через интернет
- ▶ Внедрение в Евросоюзе, США, Канаде, Китае и др. странах

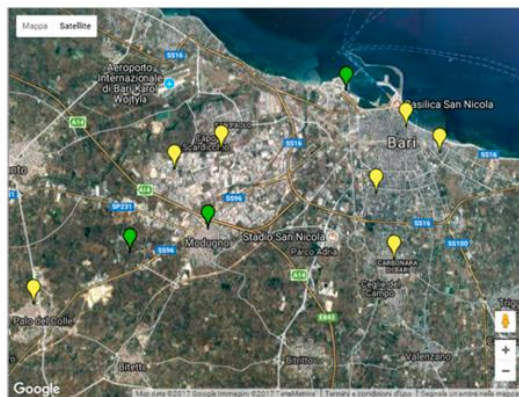
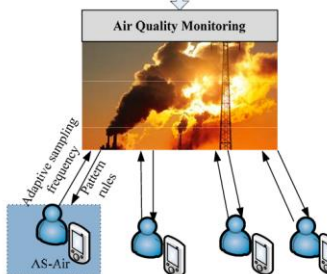


Дорогие станции мониторинга не используются в создаваемой сети

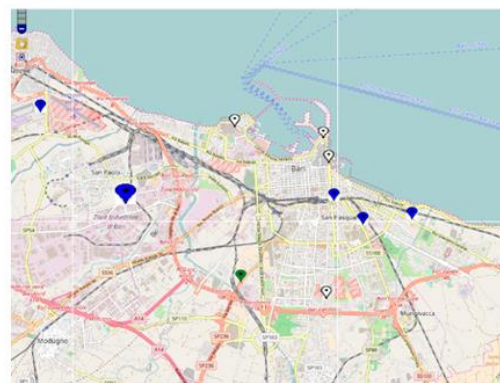


Air Pattern Rules

Air Quality Profile



(a)



(b)



(a) Raspberry Pi



(b) NOVA PM SDS011



(c) DHT22



(d) Globalsat BU-353-s4





# Концепция создания ИЭС

# Цели и задачи проекта создания ИЭС

## Цель:

- создать пилотный вариант ИЭС на примере Новосибирска и возможность для ее внедрения в других регионах

## Задачи:

- создать приборную сеть мониторинга,
- разработать на ее основе информационно-экспертную систему мониторинга и прогнозирования экологической ситуации,
- подготовить и запустить программы подготовки научных и инженерных кадров,
- создать возможности для расширения функциональных возможностей ИЭС для новых объектов мониторинга и прогнозирования.

# Что такое ИЭС?

## Объекты мониторинга и прогнозирования:

- приземный слой атмосферы над Новосибирском и пригородами (промышленные и жилые зоны, автодороги, свалки)

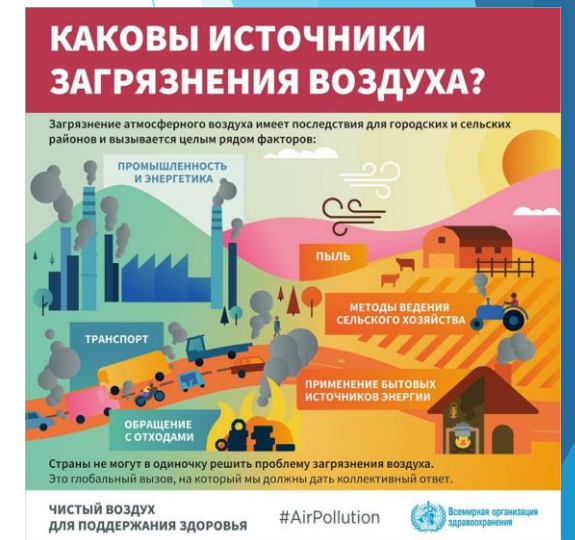
## Состав:

- сеть датчиков и приборов экологического мониторинга с точной привязкой к местности благодаря ГИС-системе,
- программный комплекс по усвоению данных мониторинга и прогнозированию на основе методов искусственного интеллекта.
- суперкомпьютерный центр (СКЦ).

## Применение:

- сбор экологической информации в Новосибирске,
- прогнозирование и моделирование ситуаций, необходимые для принятия решений,
- оценка рисков негативного воздействия опасных природных и техногенных воздействий на экосистему, инфраструктуру и население Новосибирска.

На основе разработанной ИЭС может быть создан ситуационный центр по экологическому мониторингу и природоохранному прогнозированию в Новосибирске.



# Заказчик, исполнители, экспертиза, пользователи

## Заказчик:

- Администрация НСО

## Исполнители:

- Консорциум научно-образовательных организаций, приборостроительных предприятий, инновационных предпринимателей, ИТ-компаний, операторов мобильной связи

## Экспертиза:

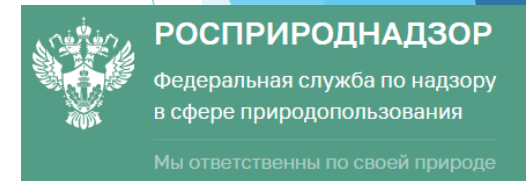
- Росприроднадзор
- СО РАН

## Пользователи (1-й уровень - принимающие решения):

- Администрация НСО
- Мэрия Новосибирска
- Росприроднадзор

## Пользователи (2-й уровень - получатели информации):

- Росгидромет
- МЧС
- Медицинские организации
- Население





# Значимость проекта

## Региональная значимость

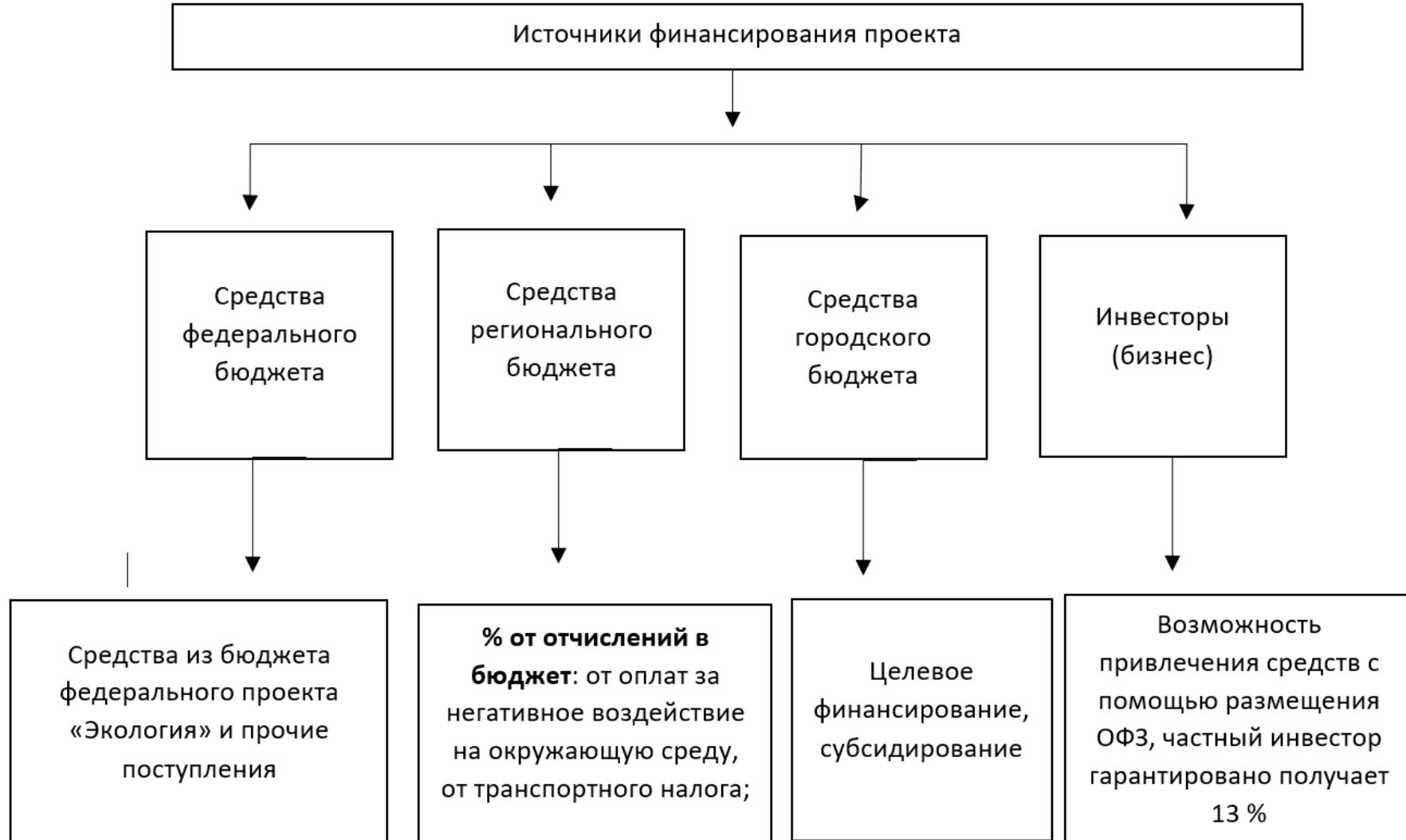
- Создание комфортной и привлекательной среды для проживания.
- Улучшение здоровья населения.
- Превращение Новосибирска в город лучшей практики экологического мониторинга.
- Использование потенциала научно-образовательных учреждений и предприятий города.



# Основные стейкхолдеры проекта



# Источники финансирования проекта



# Возможность извлечения прибыли

**Способы монетизации**

```
graph TD; A[Способы монетизации] --> B[Экспертиза, запрашиваемая страховыми компаниями]; A --> C[Экспертиза, запрашиваемая судами всех инстанций];
```

**Экспертиза,  
запрашиваемая  
страховыми  
компаниями**

**Экспертиза,  
запрашиваемая  
судами всех  
инстанций**



# Предпосылки для реализации проекта в Новосибирске

- Научно-технический задел институтов СО РАН
- Разработки инновационных компаний и предприятий
- Компетенции в сфере приборостроения, численного моделирования, физики атмосферы, суперкомпьютерных вычислений, искусственного интеллекта, интернета вещей (IoT)



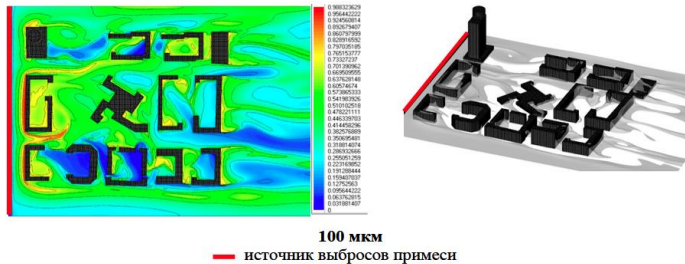
# Научно-технологический задел институтов СО РАН

## Предложения в ФП «Чистый воздух»



### Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН

- Экология города: распространение мелкодисперсных примесей в городской застройке
- Созданы системы термического обезвреживания: Совершенствование систем дожигание анодных газов электролиза производства алюминия (РусАл)
- Системы дожигания попутных нефтяных газов (компания Schlumberger)
- Совершенствование работы мусоросжигающих котлов (ВТИ)
- Оптические измерения и компьютерное моделирование процессов горения газовых смесей и спреев



### Газоанализаторы, детектирование и мониторинг состава газов, Институт автоматики и электрметрии СО РАН

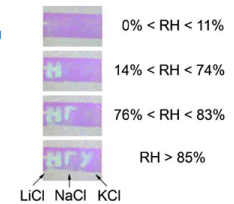
#### Датчик аммиака

Селективность, широкий диапазон концентраций (от 0,0001% до десятков %) без деградации

- безопасность при производстве аммиака
- холодильные и химические установки с высоким содержанием аммиака
- очистные сооружения

#### Индикатор относительной влажности

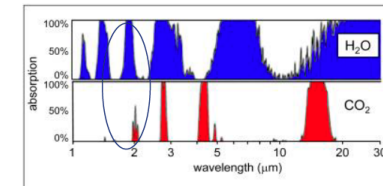
Фотонно-кристаллическая пленка изменяет спектральные характеристики при достижении определенного значения относительной влажности с точностью около 2% за счет использования различных солей.



#### Перспективные направления исследований

Оригинальные источники узкополосного перестраиваемого излучения с генерацией в области 2 мкм – для спектроскопии CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

- Предсказание погоды
- Анализ парникового эффекта
- Безопасность авиаперевозок
- Анализ спиновых изомеров
- Анализ выдыхаемого человеком воздуха (#Хеликобактер пилори)



### ЦКП Института оптики атмосферы им. Зюева СО РАН



Самолет-лаборатория Ту-134 "Оптик" для мониторинга атмосферы и подстилающей поверхности:

- исследований трансграничного и регионального переноса загрязняющих средств;
- паспортизации отдельных источников загрязнений на территории городов,
- поиска утечек газо- и нефтепродуктов,
- регистрации очагов загрязнений подстилающей поверхности



Центр коллективного пользования «Атмосфера» разрабатывает приборы и методы для оптической диагностики состояния объектов окружающей среды, в том числе критические технологии, к которым относятся результаты научных исследований:

- Технологии мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы;
- Технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф;
- Биомедицинские и ветеринарные технологии жизнеобеспечения и защиты человека и животных;
- Нанотехнологии и наноматериалы;

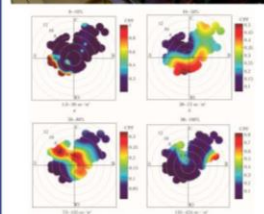


### Разработки и исследования Института оптики атмосферы им. Зюева СО РАН



Лидары для круглосуточного измерения вертикальных профилей температуры и влажности атмосферы с высоким пространственным разрешением.

- Пройдены экспериментальные испытания в КНР (г. Лоян), где были подтверждены его технические характеристики



Черный углерод городских эмиссий в Арктическом регионе по данным вблизи г. Салехарда. // Поповичева О. Б., Кобелев В. О., Синицкий А. И., Ситников Н. М., Чичаева М. А., Хансен А., Оптика атмосферы и океана. 2020. Т. 33. № 09

- Определен вклад дымовых шлейфов в загрязнение атмосферы города и ухудшение качества воздуха городской среды.



# Научно-технологический задел ИВМиМГ СО РАН



Интеграционный проект «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории (БПТ)»

Исследования в рамках данного проекта нацелены на:

- развитие методов и технологий мониторинга и прогнозирования развития экологической ситуации,
- оценку рисков опасных природных и техногенных воздействий на региональные природные экосистемы, в частности загрязнение атмосферы,
- Разработку концептуальных основ мониторинга экстремальных природных явлений

Участники:  
ИДСТУ СО РАН, ЛИН СО  
РАН, **ИВМиМГ СО РАН**,  
ИОА СО РАН, ИСЗФ СО  
РАН, ИСЭМ СО РАН



## Предложения в ФП «Чистый воздух»



Система моделирования качества воздуха с усвоением данных мониторинга



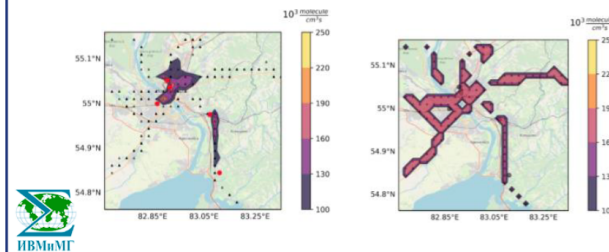
Контакты с авторами работы: Пененко А.В., лаб ММГПИС, a.penenko@yandex.ru



Алгоритм идентификации источников примесей на основе операторов чувствительности по данным измерений

- ЦЕЛЬ: восполнение недостатка информации об изучаемых процессах на основе совместного использования математических моделей и данных наблюдений в системах:
  - мониторинга и прогноза качества (загрязнения) атмосферы городов и промышленных районов;
  - обработки экспериментальных данных для изучения процессов развития живых систем.

Алгоритм апробируется в СибНИГМИ РОСГИДРОМЕТА для развития системы прогноза качества атмосферы в Новосибирске.



Сравнение в условиях Новосибирска результатов идентификации стационарных источников оксида азота из выхлопных газов по модельным данным измерений вторичного загрязнителя (озона) на пяти официальных постах мониторинга (красные точки) с их заданным распределением.



# Технологический задел инновационных предпринимателей

## Проект CityAir компании «Тион»

Мы создаем сети и сервисы мониторинга атмосферного воздуха в городах

Создаём с нуля или дополняем существующие сети мониторинга в соответствии с требованиями государственных стандартов

Осуществляем монтаж, пуско-наладку, поверку оборудования и техническое сопровождение

Основные элементы сети

- 01/ Оборудование →
- 02/ Моделирование →
- 03/ Программное обеспечение →

Связаться с нами

Весь мир

Информация от создателей

Мы рады делиться знаниями о качестве воздуха в разных городах мира

В основе этой карты — данные платформы CityAir

Сети мониторинга

Город IP	AQI IP
Саратов Россия	11 Балл
Темиртау Кавказстан	6 Баллов
Томск Россия	7 Баллов

## Сети и сервисы мониторинга

Основные элементы сети

01. Оборудование

### Посты мониторинга качества воздуха

- Компактный размер
- Передача результатов измерений на сервер в режиме реального времени
- Работа в широком диапазоне климатических условий
- Модульная архитектура — возможность создавать пост мониторинга с нужным набором датчиков (PM2.5, PM10, CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и т.д.)

Узнать подробнее

## Посты мониторинга



# ЦКП Сибирский суперкомпьютерный центр СО РАН в ИВМиМГ СО РАН



- Более 200 пользователей из 24 организации, больше 200 пользователей.
- С использованием оборудования ССКЦ в год выполняется более 100 НИР на общую сумму более 700 млн. рублей.



**Текущая производительность -  
120 Терафлопс**



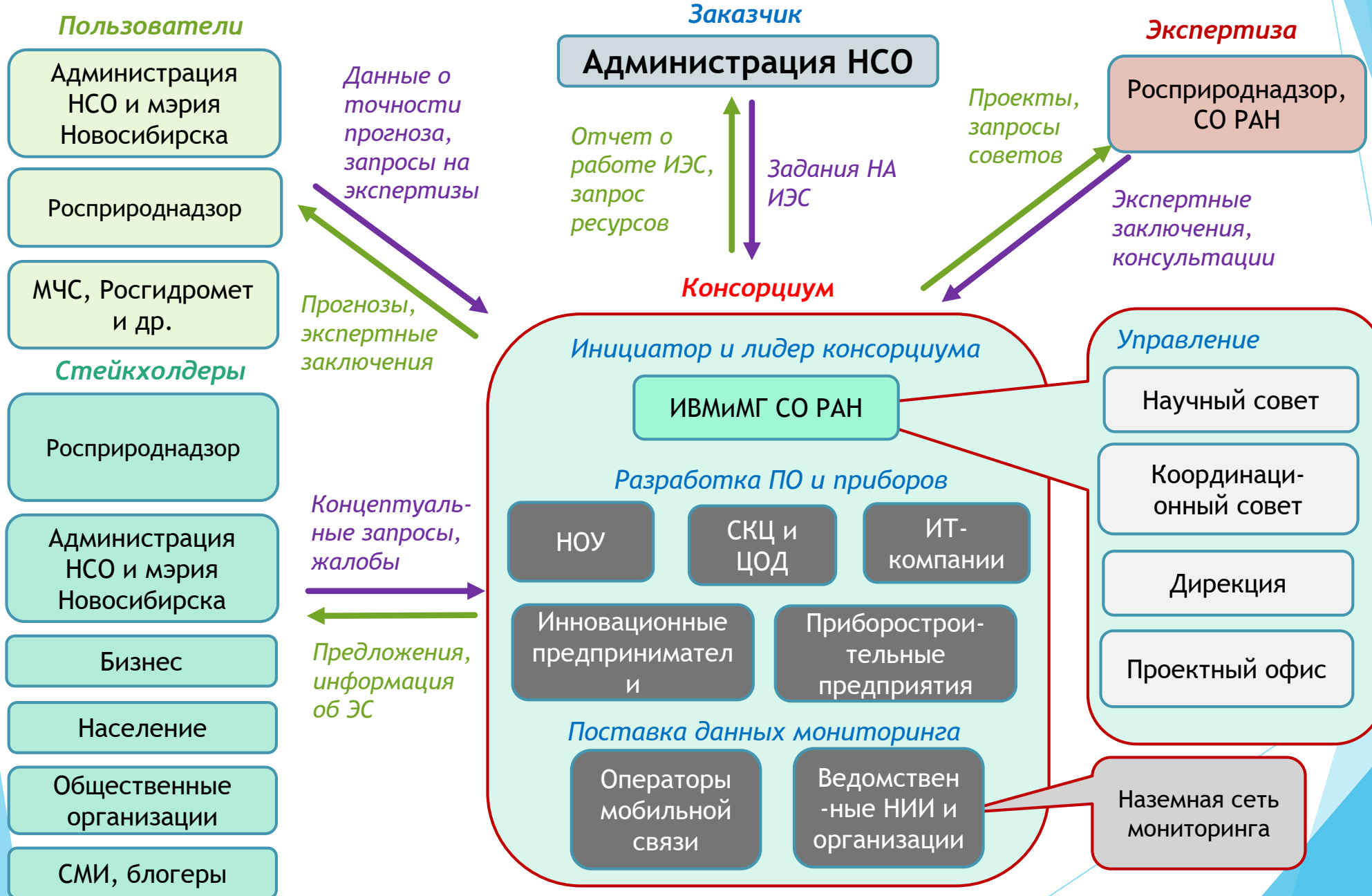
# Риски и возможные проблемы при реализации

## Риски

- возможное несогласие ряда стейкхолдеров и участников,
- организационная сложность взаимодействия участников консорциума,
- нежелание частных компаний во взаимодействии с НИИ и университетами в силу негибкой структуры управления последними,
- недостаточная технологическая готовность (TRL) отдельных компонентов системы на момент ее создания (нужно минимум TRL 5).

# Проект ИЭС

# Взаимодействие участников ИЭС (мультиагентная система)





# Сроки, этапы, финансирование

## Сроки:

- 2021 - 2022 годы

## Этапы:

- 2021 - оснащение ЦКП ССКЦ СО РАН до 0,5 Петафлопс, проведение НИР, НИОКР и ОКР, проектирование датчиков и приборов, проектирование сети мониторинга, создание блоков ПО для ИЭС,
- 2022 - оснащение ЦКП ССКЦ СО РАН до 1 Петафлопс, производство датчиков и приборов, создание сети мониторинга, сборка и введение в эксплуатацию ИЭС.

## Общий объем финансирования для консорциума

- Стоимость НИР и НИОКР, создание ПО: 150 млн. руб. в год,
- Производство приборов и датчиков: 100 млн. руб. в год.
- Создание сети мониторинга: 100 млн. руб. в год.
- Оборудование для ЦКП ССКЦ СО РАН: 300 млн. руб. в год

**Итого: 1 300 млн. руб.**

## Объем финансирования для ИВМиМГ СО РАН в 2021-2022 г.г.

- Стоимость НИР, создание ПО: 50 млн. руб. в год,
- Закупка вычислительного оборудования: 300 млн. руб. в год

**Итого: 700 млн. руб.**



# Цели и задачи для ИВМиМГ СО РАН



## Цель:

- создание алгоритмической и вычислительной основы ИЭС в Новосибирске.

## Задачи:

- оптимальное планирование сети наземного мониторинга в Новосибирске,
- создание методов усвоения данных мониторинга,
- разработка алгоритмов и программ природоохранного прогнозирования,
- закупка вычислительного оборудования и организации расчетов в ЦКП ССКЦ СО РАН.



# Разработка ИЭС



# Разработка ИЭС – роль ИВМиМГ СО РАН





# Функционирование ИЭС



# Функционирование ИЭС – роль ИВМиМГ СО РАН



**ИВМиМГ СО РАН:** оптимальное планирование сети наземного мониторинга в Новосибирске, создание методов усвоения данных мониторинга, разработка алгоритмов и программ природоохранного прогнозирования

Ведомственные НИИ и организации

Наземная сеть мониторинга

Данные мониторинга

Данные мониторинга

НОУ

Контроль за прогнозами, приборами, датчиками и сетью, экспертиза результатов, кадры

Индустрия

Обслуживание, контроль за работой приборов, датчиков

Инновационные предприниматели, операторы моб. связи

Обслуживание, контроль за работой приборов, датчиков и сети мониторинга

**ИЭС**

Ответственные за функционирование: ИТ-компании

Прогноз, экспертиза

**Потребители**

Запросы на экспертизу, отзывы

Управление вычислительными ресурсами

СКЦ и ЦОД

**ИВМиМГ СО РАН:** закупка вычислительного оборудования и организации расчетов в ЦКП ССКЦ СО РАН

# Умозаключения и выводы

Опираясь на возможности научных и образовательных организаций, инновационных предпринимателей, ИТ-компаний Новосибирска, заинтересованность и поддержку региональных властей

в Новосибирске консорциумом организаций будет реализован пилотный проект по созданию информационно-экспертной системы экологического мониторинга и прогнозирования с возможностью его внедрения в других городах и регионах России.

## Объединяющая модель - «тетраэдр» Лаврентьева:

взаимодействие науки, образования, промышленности и региональных властей

