



Южно-Уральский  
государственный  
университет

Национальный  
исследовательский  
университет

## Цифровые решения ЮУрГУ в области экологического мониторинга

*Дрозин Дмитрий Александрович,  
руководитель проекта Экомонитор,  
доцент кафедры прикладной математики и программирования*





Южно-Уральский  
государственный  
университет

Национальный  
исследовательский  
университет

1943

Программный комплекс экологического  
мониторинга и прогнозирования

# ЭКОМОНИТОР

(система управления экологическими рисками промышленных предприятий)

1. Необходимо **выявление причин загрязнения** атмосферного воздуха города. Для этого нужна **полная картина** о текущем состоянии атмосферного воздуха и процессов, которые в нем протекают.
2. Отсутствует комплексная **система оперативного наблюдения за распространением загрязняющих веществ** в атмосферном воздухе в любой точке территории города/предприятия в режиме реального времени.
3. Автоматический контроль выбросов дает знание о параметрах выбрасываемой газовой смеси, но **не дает понимание о концентрациях загрязняющих веществ в приземном слое** атмосферного воздуха **на территории**.
4. Нет официальных методик предназначенных для ведения оперативного наблюдения расчёта рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в режиме реального времени.



Программный комплекс  
"Экомонитор"

**решает эти проблемы комплексно**  
за счет создания системы  
наблюдения и анализа.



1. **Проведение онлайн наблюдения** за распространением приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом метеоусловий. **Визуализация** в привязке к географической карте местности **в режиме реального времени**.

2. **Определение вклада каждого источника** выбросов в любой точке на заданной территории.

3. **Выявление учтенных источников загрязнения**, оказывающих **наибольшее влияние** в точках контроля на заданной территории.

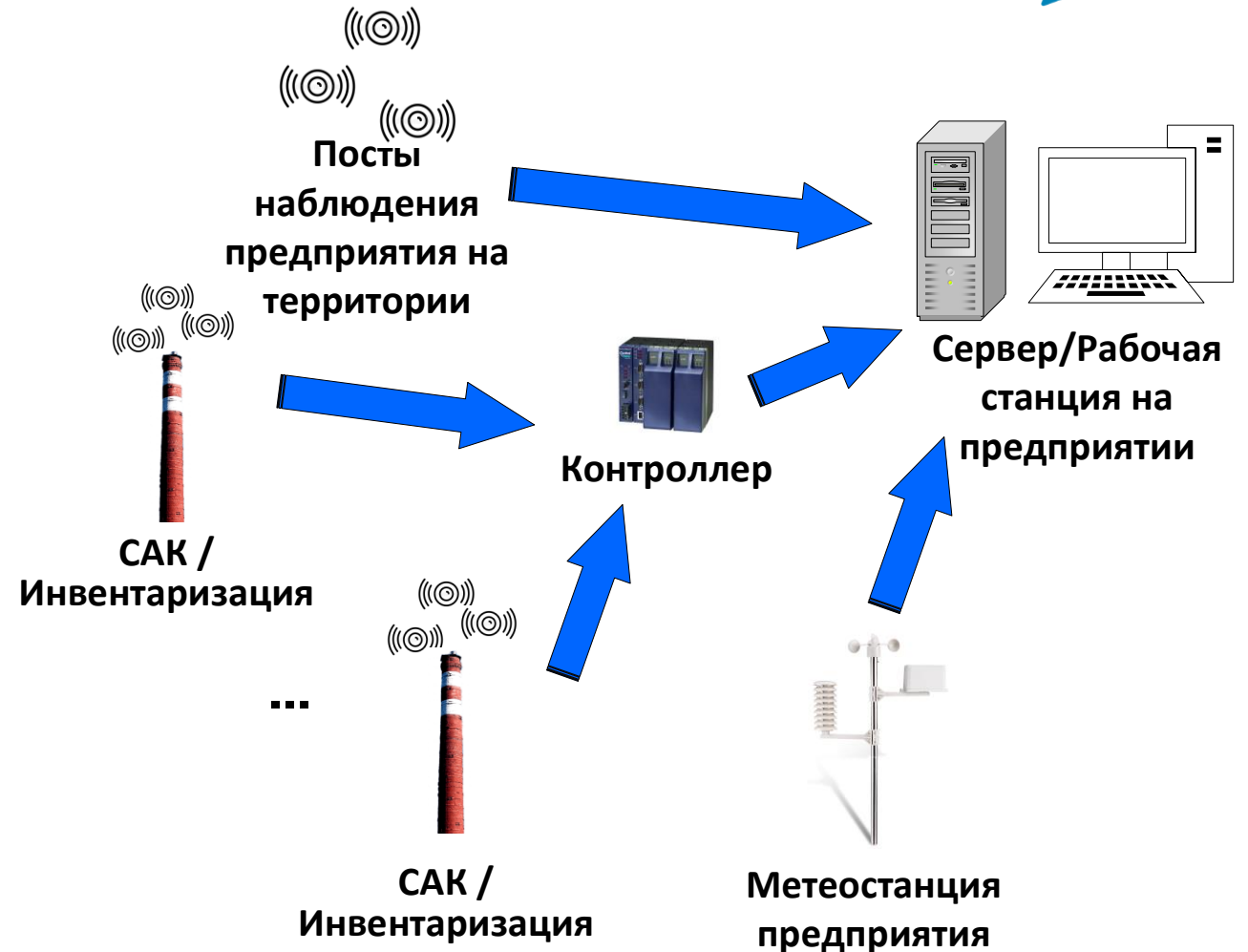
4. **Управление инвестициями в экологические проекты**, моделируя эффект от их реализации.



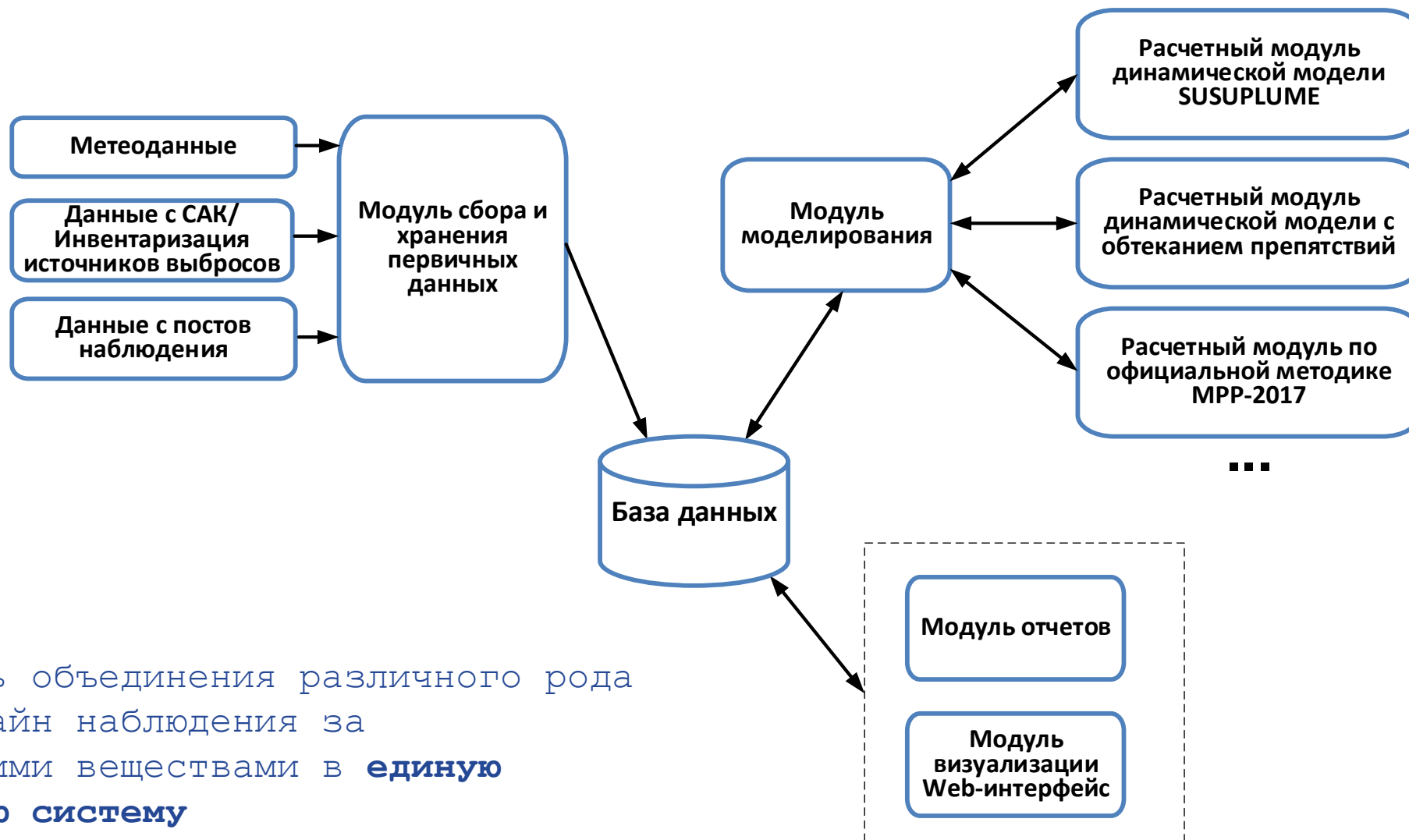
# Архитектура системы на предприятии

## Элементы системы

1. Инвентаризация источников выбросов
2. Система автоматического контроля выбросов (датчики на трубах)
3. Метеостанция
4. Посты наблюдения на территории
5. Рабочая станция



# Структура программного комплекса



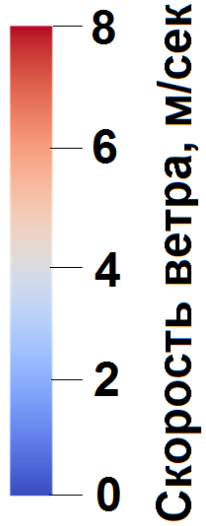
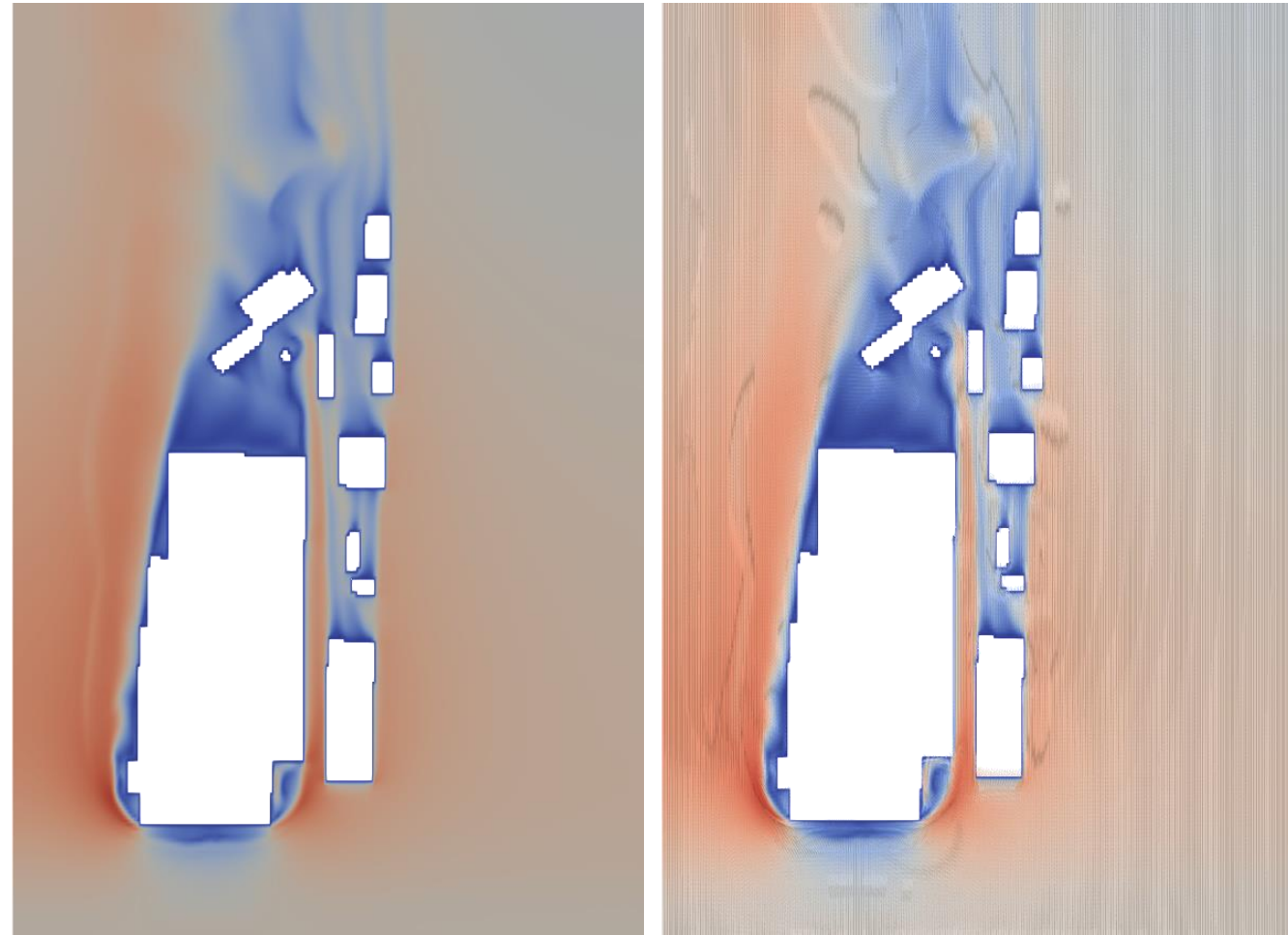
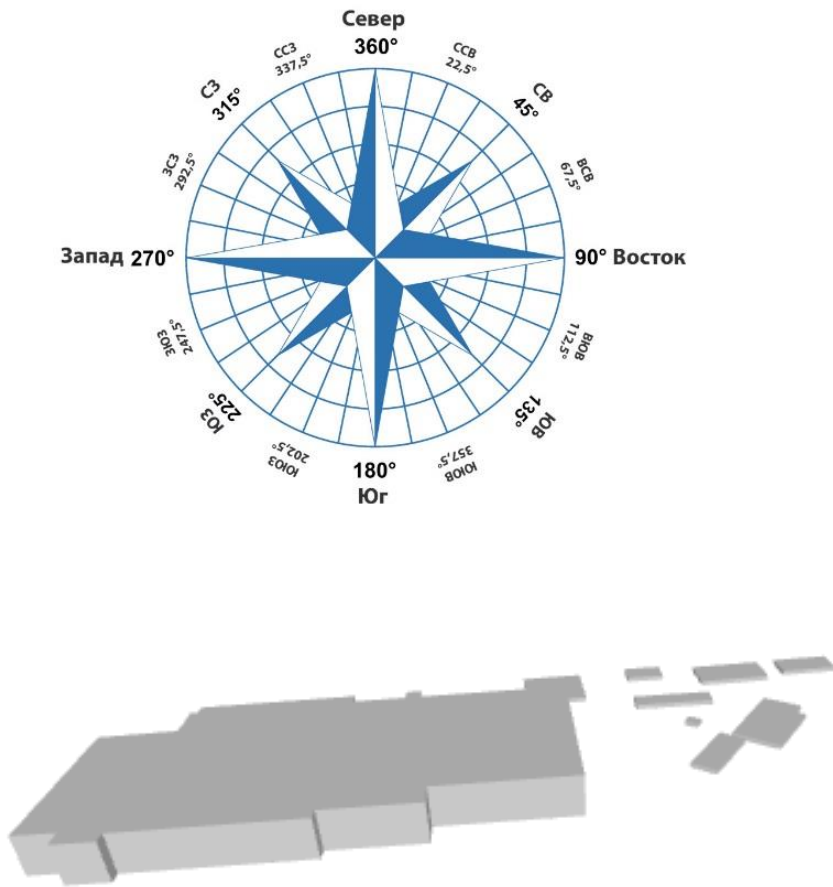
Возможность объединения различного рода систем онлайн наблюдения за загрязняющими веществами в **единую комплексную систему**







# Расчетный модуль с обтеканием препятствий



Хозяйственные корпуса ООО «Завод ТЕХНО» г. Челябинск

# Расчетный модуль по МРР-2017

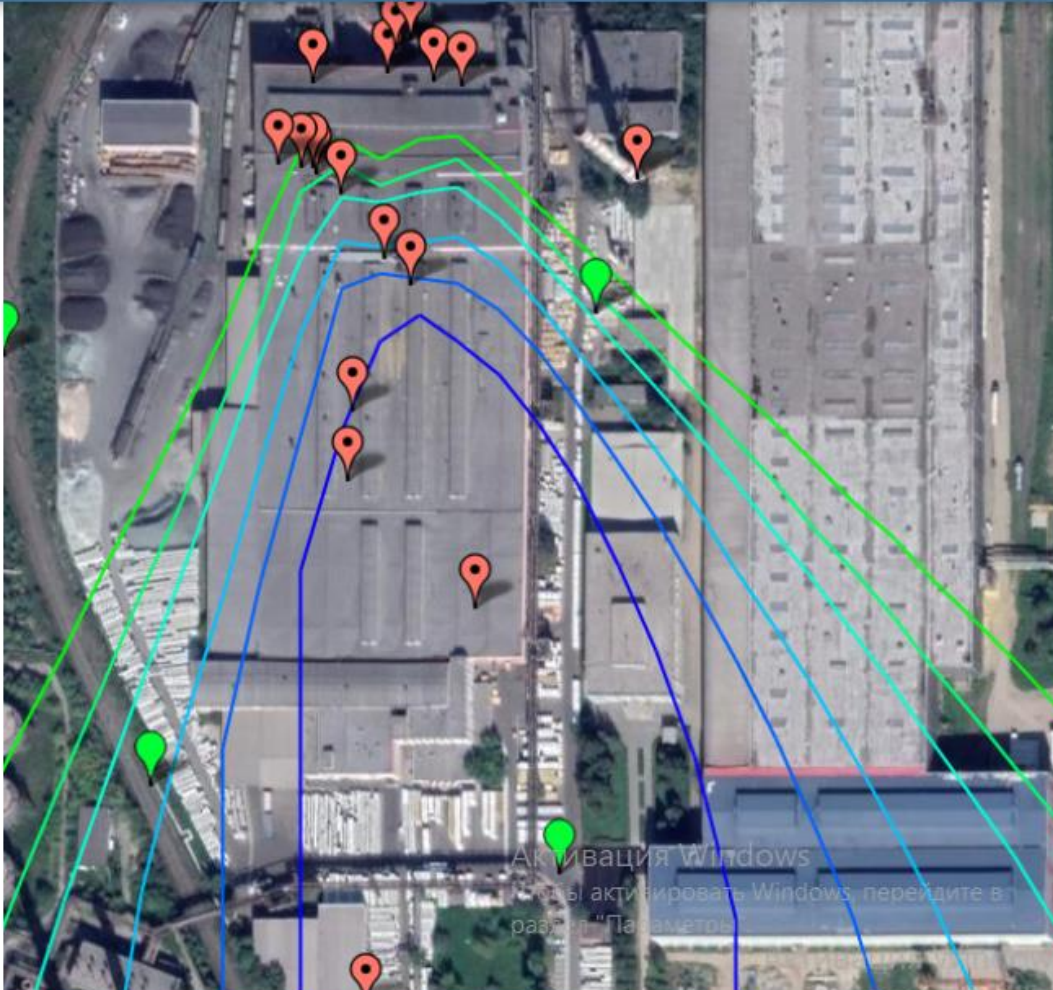
КОМОНИТОР

Эколог

РЕЖИМ ЗАГРУЗКИ ФАЙЛОВ    РЕЖИМ РЕДАКТИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ

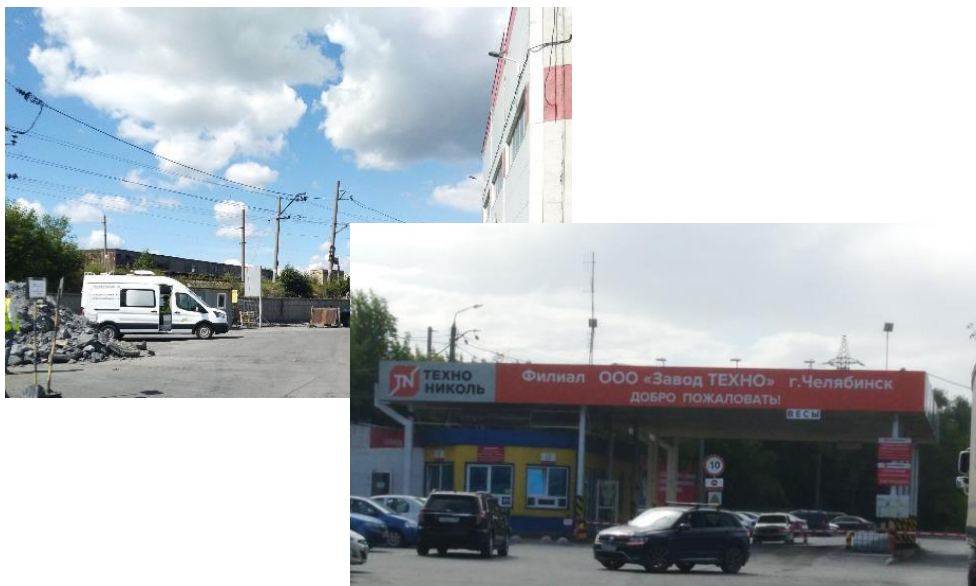
РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ    **ОБЪЕКТЫ НА КАРТЕ**

Название точки контро... Точка контроля 2	Название рельефа Рельеф 3	Название строения Строение 3
Координаты 55,208208	Координаты 55,208208	Координаты 55,208208
61,448249	61,448249	61,448249
<b>ДОБАВИТЬ</b>	55,204634	55,204533
<b>РАССЧИТАТЬ</b>	61,446547	61,444634
<b>УДАЛИТЬ</b>	Размер, м. 100	Размер, м. 150
<b>ДОБАВИТЬ</b>	<b>ДОБАВИТЬ</b>	<b>ДОБАВИТЬ</b>
<b>УДАЛИТЬ</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>	<b>УДАЛИТЬ</b>



Проект по разработке программного комплекса «Экомонитор»

1. Участник Уральского межрегионального научно-образовательного центра (УМНОЦ).
2. Поддержан в государственной программе «Приоритет-2030».



Проведен ряд натурных экспериментов на предприятиях

ООО «Завод ТЕХНО» г. Челябинск,  
ЗАО «Завод Минплита»,  
АО ПГ Метран



В 2022 году программный комплекс «Экомонитор» внедрен на ООО «Завод ТЕХНО» г. Челябинск

## Партнеры проекта



Южно-Уральский  
государственный  
университет

Национальный  
исследовательский  
университет

Цифровые решения онлайн-мониторинга загрязнения атмосферного воздуха для городов и промышленных предприятий



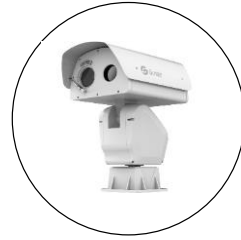
# Тепло-видео система оперативного наблюдения ТВС Экомонитор на базе котельной ЮУрГУ

приоритет2030<sup>+</sup>  
Лидерами становятся

НАУКА  
И УНИВЕРСИТЕТЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ



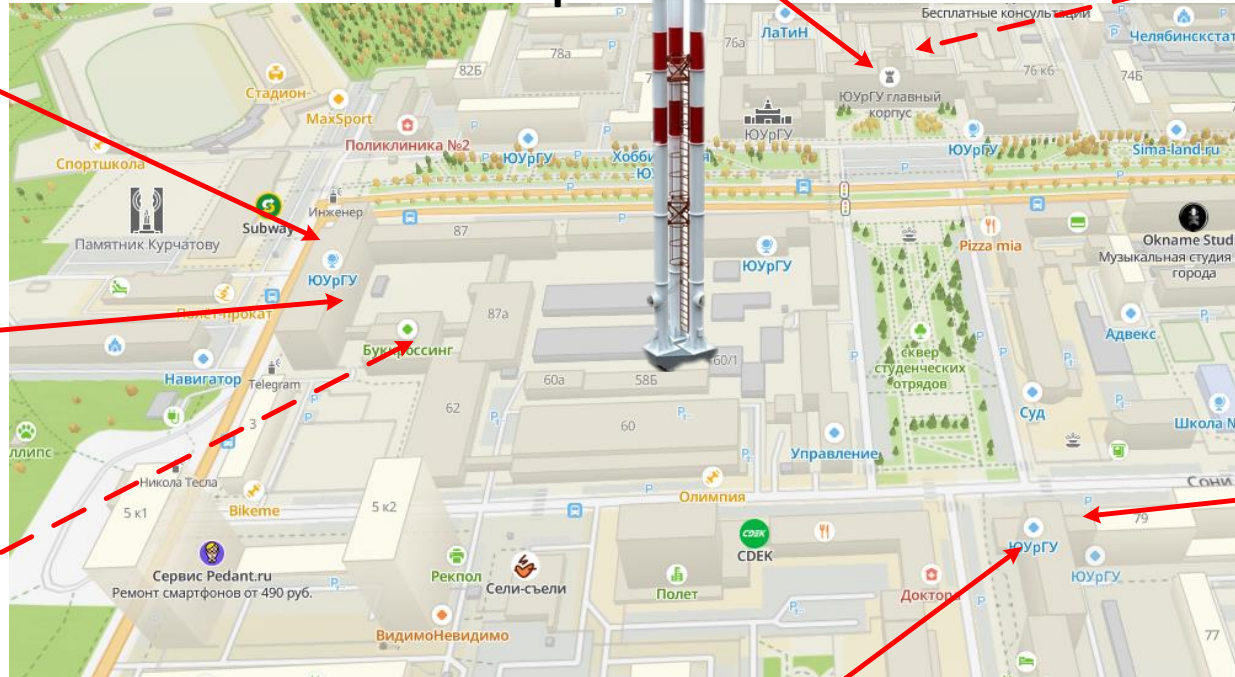
Метеостанция



Тепловизор



Поворотная камера



Профилемер  
метеорологический  
температурный МТР-5



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Тепло-видео система оперативного  
наблюдения выбросов (ТВС)



**ЭКОМОНИТОР**



1. Основная проблема заключается **в выявлении причин загрязнения атмосферного воздуха города**. Необходима **полная картина** о текущем состоянии атмосферного воздуха и процессов, которые в нем протекали и протекают.
2. **Необходима комплексная информация о работе всех организованных источников выбросов на территории**. САК, к сожалению, не сможет обеспечить потоком подобной информации поскольку предполагается, что он будет установлен лишь на небольшую часть источников загрязнения.
3. **Отсутствует система оперативного наблюдения за выявлением несанкционированных организованных источников** загрязнения.



# Система тепло-видео наблюдения за выбросами

приоритет2030<sup>+</sup>  
Лидерами становятся

НАУКА  
И УНИВЕРСИТЕТЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ

Оперативное наблюдение за выбросами можно вести с помощью системы объективного контроля за организованными источниками выбросов в режиме реального времени. Задачи системы:

- 1) детекция выбросов;
- 2) оценка объема выбрасываемой газовой смеси (сигнальная система);
- 3) аналитика работы источников выбросов;
- 4) аналитика текущих параметров атмосферного воздуха по геометрии факела.

Используется **сеть видеочкамер**, которая широко охватывает комплекс источников выбросов.



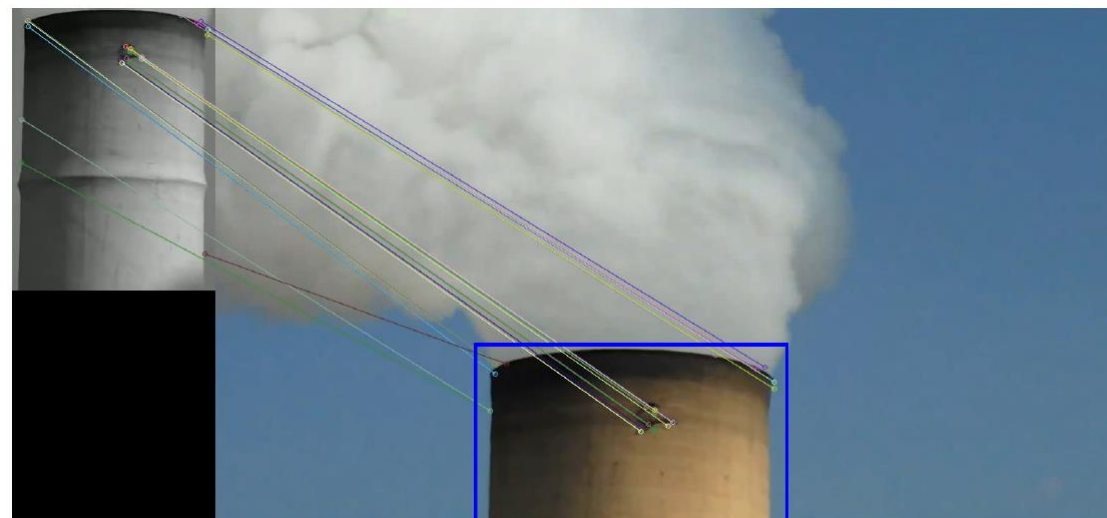
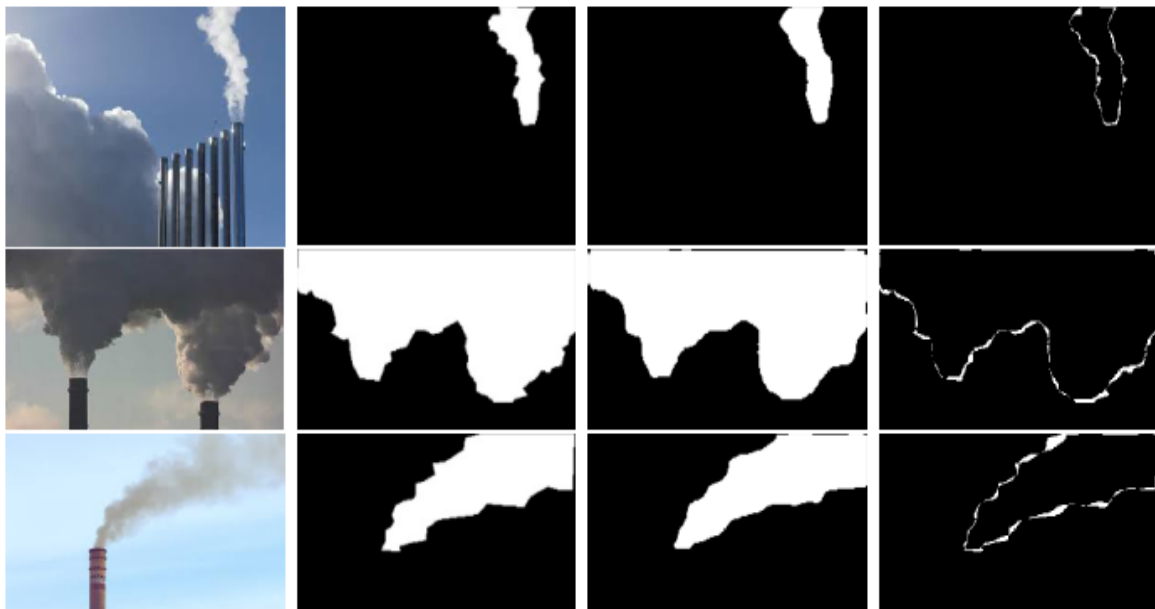
Используются **тепловизионные камеры** способные вести наблюдение за выбросами при некоторых неблагоприятных условиях (ночное время суток, разница температур газовой смеси и атмосферного воздуха и т.п.)

К настоящему моменту разработана и обучена нейронная сеть для задачи детекции дымовых газов для тепло-видео потока.

Точность детекции 88.47%.

Далее планируется

1. Разработка детекции источников выбросов.
2. Разработка математической модели оценки объема газозвушной смеси.
3. Разработка модуля анализа расписаний превышений выбросов по каждому источнику.
4. Разработка модуля анализа 3-d геометрии факела.



Визуализации работы алгоритма детекции дымовой трубы



Южно-Уральский  
государственный  
университет  
Национальный  
исследовательский  
университет

Предиктивная система мониторинга  
выбросов

**PEMS (ЮУрГУ)**





# Проблемы установки инструментальной системы автоматического контроля выбросов

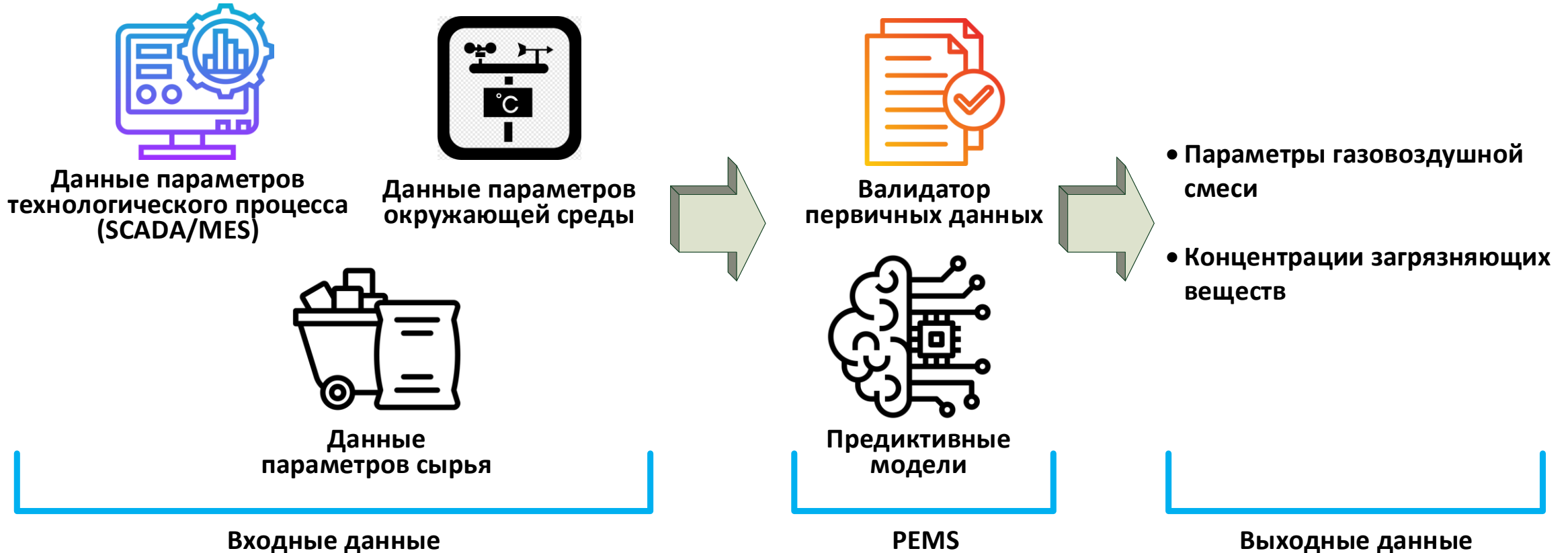
приоритет2030<sup>+</sup>  
Лидерами становятся

НАУКА  
И УНИВЕРСИТЕТЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ

1. В настоящее время потребность в системах мониторинга выбросов загрязняющих веществ до 2030 года составляет **не менее 10 000 комплектов** (для источников I категории опасности, для источников I и II категории опасности на территории – городах-участниках федерального проекта «Чистый воздух»).
2. Стоимость оснащения предприятием одного источника выбросов **50–80 млн руб. и более**.
3. Эксплуатационные расходы для одного источника выбросов **2–3 млн руб. и более**.
4. Приборы, используемые в данных системах, в основном **из недружественных стран**.

## Разработка «альтернативных» систем автоматического контроля – систем предиктивного мониторинга эмиссии (PEMS)

- В 2 раза дешевле при внедрении;
- В 5 раз дешевле при обслуживании по сравнению с инструментальными средствами контроля.

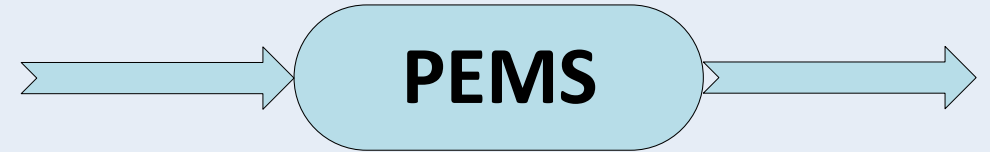


# Варианты использования PEMS

## 1. Использование только PEMS

Решает задачи:

- Мониторинг параметров выбросов;
- Определение влияния каждого параметра тех. процесса на выбросы.
- Валидация данных, диагностика системы датчиков тех. процесса.



## 2. Использование только САК

Решает задачи:

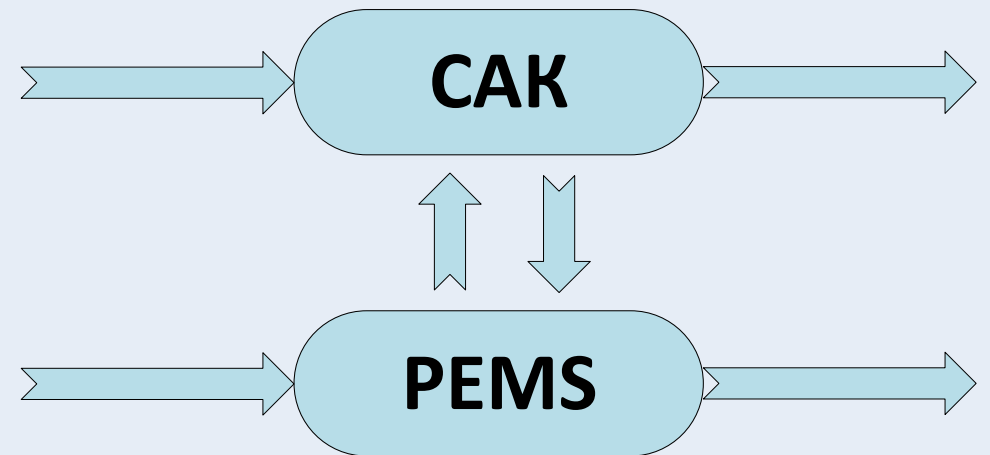
- Мониторинг параметров выбросов инструментальными методами;



## 3. Совместное использование систем PEMS и САК

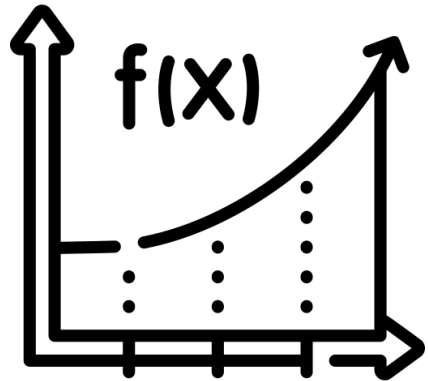
Решает задачи:

- Мониторинг параметров выбросов;
- Определение влияния каждого параметра тех. процесса на выбросы.
- Валидация данных, диагностика системы датчиков тех. процесса.
- Самодиагностика обеих систем (отказоустойчивость).

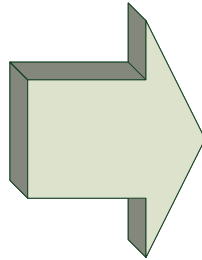




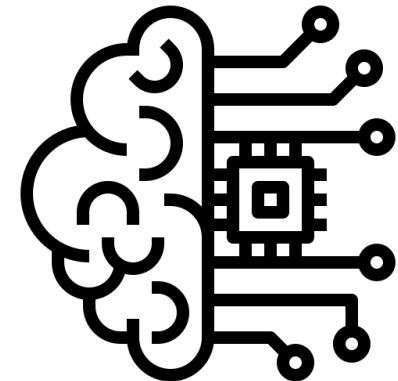
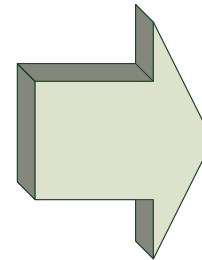
# Развитие подходов моделирования выбросов



Физические модели



Статистические модели



Алгоритмы искусственного интеллекта

# Процесс сертификации и поверки



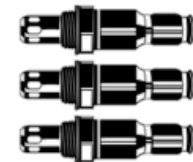
Разработка или адаптация  
модели процесса



Подвижная  
лаборатория  
измерительной  
техники



Доставка подвижной  
лаборатории на предприятие



Установка подвижной  
лаборатории на источник



Валидация и  
сертификация PEMS

Первичная сертификация и периодическая поверка системы

## 1. Первичная сертификация

Испытание системы с целью валидации по следующим критериям:

- качество
- точность
- надежность

- Автономный тест в течение не менее 160 часов, сравнение с инструментальными данными
- Аудит точности – 27 измерений в трех различных режимах работы
- Тест относительной точности

## 2. Периодическое тестирование системы – периодическая поверка

**1 раз в 3 месяца**

Тест относительной точности

**1 раз в год**

Аудит относительной точности

Внеочередная полная сертификация проводится при существенных изменениях технологических циклов



# Предиктивные системы мониторинга – это средства измерения

Предиктивные системы мониторинга являются разновидностью измерительных систем. Отдельно разрабатывать или вносить изменения в нормативную базу по системам автоматического контроля не требуется:

*-Позиция Росстандарта в части возможности утверждения типа и включения в подсистему «Аршин» ФГИС Росстандарта предиктивных систем автоматического контроля выбросов с учетом подтверждения их метрологических характеристик при проведении испытаний в целях утверждения типа (Протокол № ЧВ23/041 от 13.07.2023 г. под председательством руководителя проектного офиса федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология» М.В. Королькова)*

*- Приказ Росстандарта № 1405 от 06.07.2023 г. «Об отнесении технического средства «Автоматизированная измерительная система учета выбросов загрязняющих веществ Астраханского газоперерабатывающего завода» к средствам измерений»*



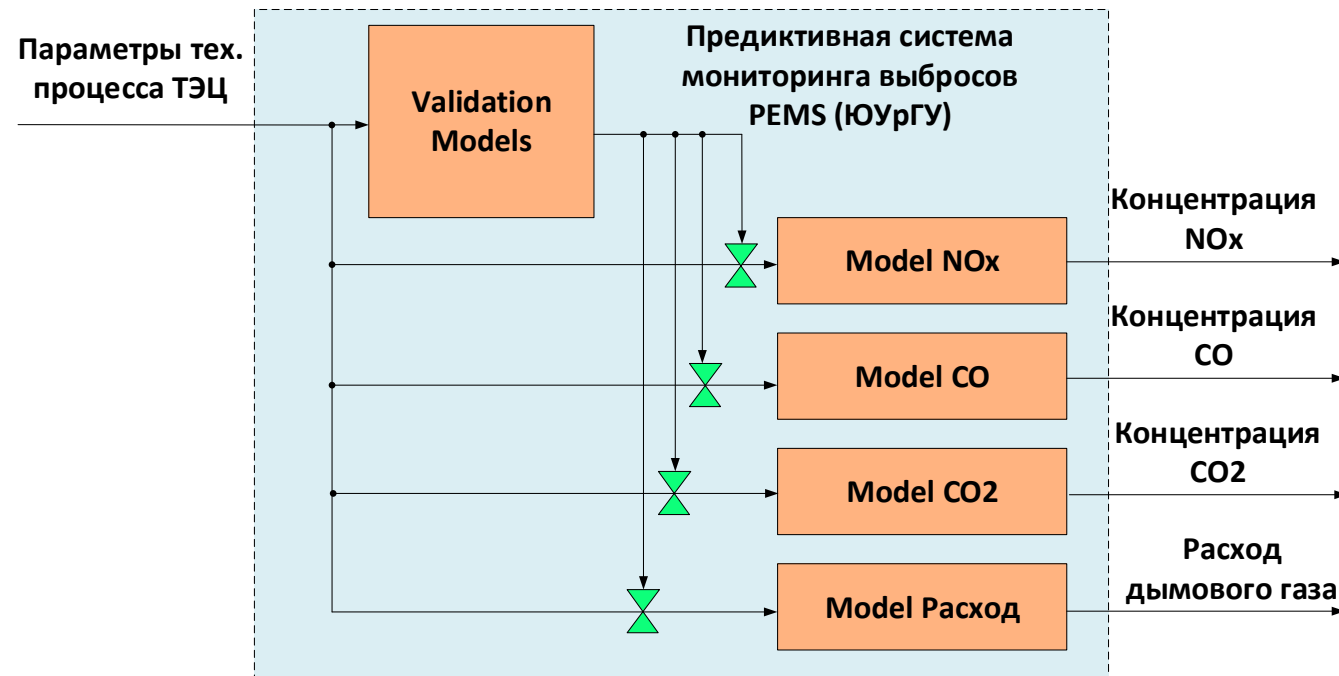
# Предиктивная система мониторинга выбросов PEMS (ЮУрГУ) для тепловых электростанций ТЭЦ

приоритет2030<sup>+</sup>  
Лидерами становятся

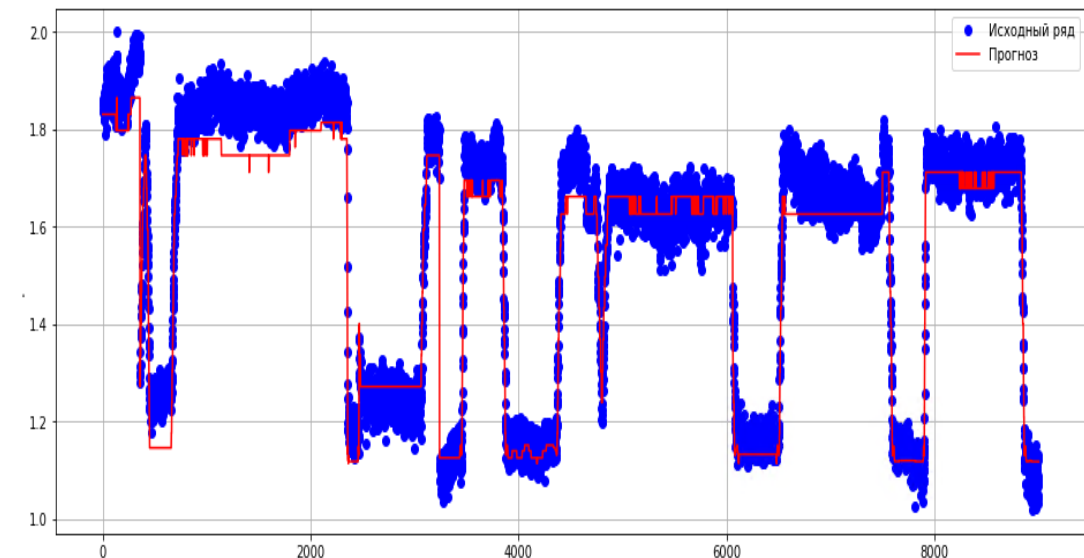
НАУКА  
И УНИВЕРСИТЕТЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ

- К настоящему моменту времени PEMS (ЮУрГУ) разработан для тепловых электростанций (ТЭЦ).
- Средняя точность прогноза составляет 94.97%
- PEMS (ЮУрГУ) находится на стадии пилотного проекта на одной из ТЭЦ г. Челябинска



Коэффициент R2 = 0.953 Коэффициент корреляции: 0.985



Пример работы PEMS (ЮУрГУ) по определению концентрации CO2

# Порядок внедрения предиктивных систем мониторинга выбросов PEMS (ЮУрГУ)

приоритет2030<sup>+</sup>  
Лидерами становятся

НАУКА  
И УНИВЕРСИТЕТЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ

## 1

### Сбор данных

Сбор параметров выбросов газовой смеси в дымовой трубе с помощью подвижной лаборатории измерительной техники «Эколог» (временно устанавливается эталонная система автоматического контроля выбросов на источник)

## 2

### Настройка и оборудование

1. Настройка (обучение) математических моделей системы PEMS на особенности тех. процесса по собранным данным.
2. Выделение сервера /рабочей станции под работу системы PEMS.

## 3

### Установка и обучение

1. Установка системы PEMS.
2. Подключение к системе сбора и хранения параметров технологического процесса.
3. Обучение специалистов предприятия.

## 4

### Сертификация

Испытания в целях утверждения типа PEMS и внесение ее в государственный реестр средств измерений (ФГИС «Аршин»).

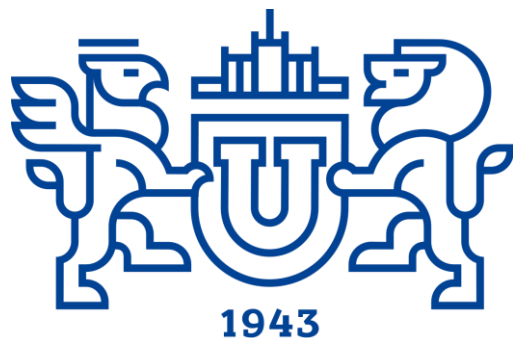


# Комплексная система экологического мониторинга

приоритет2030<sup>+</sup>  
Лидерами становятся

НАУКА  
И УНИВЕРСИТЕТЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЕ  
ПРОЕКТЫ  
РОССИИ





Южно-Уральский  
государственный  
университет

Национальный  
исследовательский  
университет

*Директор Института естественных и точных наук ЮУрГУ*  
**Замышляева Алёна Александровна,**  
Тел.: +7 (912) 896-77-77,  
[zamyshliaevaaa@susu.ru](mailto:zamyshliaevaaa@susu.ru)

*Доцент кафедры прикладной математики и программирования ЮУрГУ*  
**Дрозин Дмитрий Александрович,**  
Тел.: +7 (904) 978-58-60,  
[drozinda@susu.ru](mailto:drozinda@susu.ru)