

# THE CAMFIL GROUP

Молекулярная фильтрация для сохранения объектов  
культурного наследия

Май 2015

Clean air solutions



# Темы

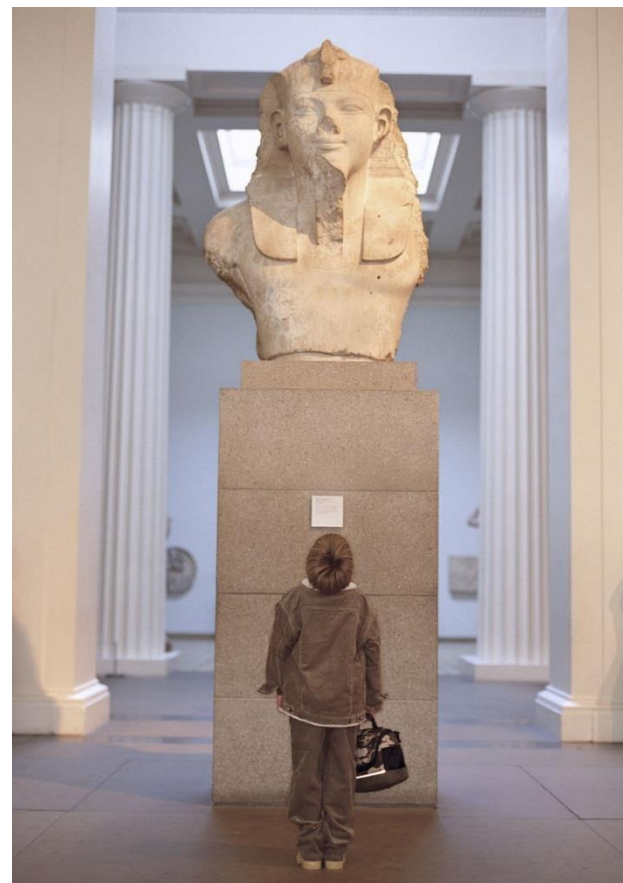
- Требования и стандарты для молекулярной фильтрации для сохранения объектов культурного наследия
- Источники загрязнения и системы вентиляции в зданиях
- Типы решений по молекулярной очистке воздуха
- Презентация для конференции по качеству воздуха (Прага, 2014)
- Новый продукт: CityCarb CH.

# Введение

- Решения группы компаний Camfil сохраняют объекты культурного наследия более 50 лет
- Мы сотрудничаем с инженерами, хранителями
- Члены Международной ассоциации музейных администраторов (IAMFA).
  
- Мы предлагаем:
  - Энергоэффективные фильтры для очистки воздуха от частиц.
  - Высокоэффективные решения по молекулярной очистке воздуха.
  - Поддержку
  - Консультации
  
- *Группа компаний Camfil тесно связана с объектами культурного наследия*

# Роль музеев, картинных галерей и архивов.

- Познакомить людей с объектами культурного наследия
- Сохранить артефакты для будущих поколений
  - *Длительное время*
- Предпринимаются активные меры по предотвращению разрушения объектов культурного наследия
- Превентивное сохранение.
  - *Контроль температуры и относительной влажности*
  - *Контроль освещения (длина волны, интенсивность)*
  - *Предотвращение появления насекомых-вредителей*



© CAMFIL

# Применимые нормы

Страна	Орган	Заглавие	Ссылка
Великобритания	Британский стандарт	Технические условия управления микроклиматом для сохранения объектов культурного наследия	PAS 198: 2012
Великобритания	Британский стандарт	Нормы для хранения и демонстрации архивных материалов	PD5454: 2012
США	ASHRAE	Руководство ASHRAE, глава 23, 2011	
Канада	CCI	Взвешенные загрязнения в музеях, галереях и архивах: оценка рисков, стратегии контроля и сохранность	

*концентрации и времени воздействия*

*Различные критерии долговременного хранения и краткосрочных выставок и т.д.*



# Нормы в Великобритании

access www.bsigroup.com/forlicense © BSI

**PAS 198:2012**  
Specification for managing environmental conditions for cultural collections

Brought to you by Mr Brian Haslam CMI

PD 5454:2012

BSI Standards Publication

**PUBLISHED DOCUMENT**

**Guide for the storage and exhibition of archival materials**

This publication is not to be regarded as a British Standard.

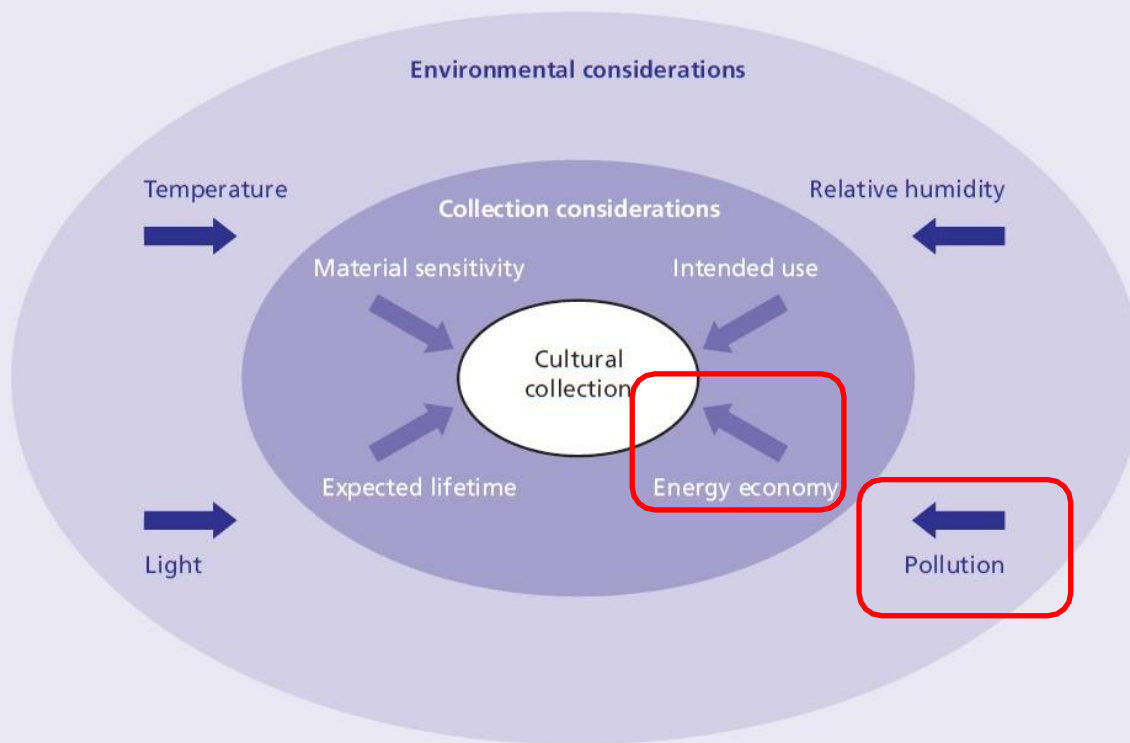
NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

raising standards worldwide™

Brought to you by Mr Brian Haslam CMI

# PAS 198 - Обзор

Figure 1 – Parameters to consider when setting environmental conditions for a cultural collection



PAS 198:2012

# PAS 198 2012:

## выдержка 1

### 7.2 Open storage or open display

7.2.1 Collection items in open storage or on open display shall be evaluated to identify materials known to interact with outdoor-generated gaseous pollutants and dust.

*NOTE 1 Pollutants of most concern include ozone, nitrogen oxides, sulfur dioxide and dust. Guidance on the effects of these pollutants on particular materials is given in Table G.3.*

*NOTE 2 Storage and display areas should be designed and fitted with materials that do not emit reactive pollutants.*



# PAS 198 2012:

## выдержка 2

### 7.1 Enclosed storage or display

7.1.1 Collection items in storage enclosures or display cases shall be evaluated to identify materials sensitive to gaseous pollutants generated within or by the enclosures or cases.

*NOTE 1 Sources of internally generated pollutants are given in Table G.1.*

*NOTE 2 Pollutants such as acetic acid (ethanoic acid), formic acid (methanoic acid), formaldehyde (methanal), reduced sulfur gases and volatile organic compounds generally have higher concentrations in enclosures compared with the external environment. Known pollutant-material interactions in enclosed storage where acetic acid, formic acid or formaldehyde are present are given in Table G.2.*

TABLE 1. SOURCES OF AIRBORNE POLLUTANTS

Airborne pollutants	Indoor and outdoor sources <sup>a</sup>
Amines (RNR) <sup>b</sup>	<b>Ammonia (NH<sub>3</sub>):</b> alkaline-type silicone sealants, concrete, emulsion adhesives and paints, household cleaning products, visitors, animal excrement, fertilizer and inorganic process industries, underground bacterial activities. <b>Cyclohexylamine (CHA), diethylamino ethanol (DEAE), and octadecylamine (ODA):</b> corrosion inhibitor in humidification systems, some vapour corrosion inhibitors. <b>Aliphatic amines:</b> epoxy adhesives.
Aldehydes (RCOH) and carboxylic acids (RCOOH)	<b>Aldehydes: Acetaldehyde (CH<sub>3</sub>HCO):</b> some poly(vinyl acetate) adhesives, wood products. <b>Formaldehyde (CH<sub>2</sub>O):</b> carpet finishing components, fungicide in emulsion paints, fabric-finishing components, gas ovens and gas burners, natural history wet collections, ozone-generating air purifiers, urea formaldehyde-based adhesive products, tobacco smoke, vehicle exhaust, other combustion. <b>Carboxylic acids: Acetic acid (CH<sub>3</sub>COOH):</b> acid-type silicone sealants, degradation of organic materials (general) and objects such as cellulose acetate-based objects (vinegar syndrome) and wood products, many emulsion paints, flooring adhesives, human metabolism, linoleum, microbiological contamination of air-conditioning filters, oil-based paints, photographic developing products, some "green" type cleaning solutions. <b>Formic acid (HCOOH):</b> degradation of organic materials (general), oil-based paints, wood products. <b>Fatty acids* (RCOOH):</b> burning candles, cooking, flooring adhesives, human metabolism, linoleum, lubricant in HVAC systems, microbiological activities from air-conditioning or on objects, objects made of animal parts (including skins, furs, taxidermy specimens, insect collections), oil-based paints, papers, skins, paper and wood products, vehicle exhaust.
Nitrogen oxide compounds (NO <sub>x</sub> )	<b>Nitric oxide (NO):</b> agricultural fertilizers, fuel combustion from vehicle exhaust and thermal power plants, gas heaters, lightning, photochemical smog. <b>Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>):</b> degradation of cellulose nitrate and same sources as for NO but mainly from oxidation of NO in the atmosphere. <b>Nitric acid (HNO<sub>3</sub>) and nitrous acid (HNO<sub>2</sub>):</b> oxidation of NO <sub>2</sub> in the atmosphere or on a material's surface, possibly the degradation of cellulose nitrate.
Oxidized sulphur gases* (SO <sub>x</sub> or S <sup>+</sup> )	<b>Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>):</b> degradation of sulphur-containing materials and objects such as proteinaceous fibres, pure pyrite or mineral specimens containing pyrite sulphur dyes, sulphur vulcanized rubbers, petroleum refineries, pulp-and-paper industries, combustion of sulphur-containing fossil fuels. <b>Sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):</b> oxidation of SO <sub>2</sub> in the atmosphere or on a material's surface.
Oxygen (O <sub>2</sub> ) and ozone (O <sub>3</sub> )	<b>Oxygen:</b> 21% of the atmosphere. <b>Ozone:</b> electronic arcing, electronic air cleaners, electrostatic filtered systems, insect electrocuters, laser printers, photocopy machines, UV light sources, lightning, photochemical smog.
Particles (fine and coarse)	<b>General:</b> aerosol humidifier, burning candles, concrete, cooking, laser printers, renovations, spray cans, shedding from clothing, carpets, packing crates, etc. (due to abrasion, vibration, or wear), industrial activities, outdoor building construction, ozone-generating air purifiers, soil. <b>Ammonium salts:</b> ammonium sulphate and nitrate: reaction of ammonia with SO <sub>2</sub> or NO <sub>2</sub> in indoor or outdoor environments or on solid surfaces. <b>Biological and organic compounds:</b> micro-organisms, degradation of materials and objects, visitor and animal danders, construction activities. <b>Chlorides:</b> sea salt aerosol, fossil combustion. <b>Soot (organic carbon):</b> burning candles, fires, coal combustion, vehicle exhaust.
Peroxides (ROOR)	<b>Hydrogen peroxide (HOOH):</b> degradation of organic materials such as rubber floor tiles, wood products, micro-organism activities, oil-based paints. <b>Peroxyacetyl nitrate (PAN):</b> automobile exhaust particularly from alcohol-based fuels, photochemical smog.
Reduced sulphur gases* (S)	<b>Carbon disulphide (CS<sub>2</sub>):</b> polysulphide-based sealants, fungal growth, rotting organic matter in the oceans, soils, and marshes. <b>Carbonyl sulphide (OCS):</b> degradation of wool, coal combustion, coastal ocean, soils, and wetlands, oxidation of carbonyl disulphide. <b>Hydrogen sulphide (H<sub>2</sub>S):</b> arc-welding activities, mineral specimens containing pyrite, sulphate-reducing bacteria in impregnated objects excavated from waterlogged site, visitors, fuel and coal combustion, marshes, ocean, petroleum and pulp industries (kraft process), vehicle exhaust, volcanoes.
Water vapour (H <sub>2</sub> O)	Visitors, water-based paints and adhesives, wet cleaning activities, outdoor environment.

a: Refer to Appendix 1 for quantified data and references.

b: Expressions in parentheses are either the chemical symbol or a common acronym. R represents either a hydrogen bond (H) or a radical such as CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>x</sub> (or even more complex).

# Роль молекулярной фильтрации

Воздух извне поступает для комфорта людей

- Наружный воздух загрязнен молекулярными загрязнителями.
- Внутренние источники загрязнения.
  - *Органические кислоты*
  - *Чистящие вещества*
  - *Строительные материалы.*
- Многие артефакты чувствительны к молекулярным загрязнителям.
  - *Больше, чем люди!*
- Повреждение может быть необратимо.
- **Молекулярная фильтрация контролирует уровень загрязнения.**



# Внешние загрязнители, источники и влияние

(п

Газ	Формула	Источник	Чувствительные артефакты	Тип повреждения
Диоксид серы	SO <sub>2</sub>	Выхлопные газы, электроэнергетика	Металлы, мрамор, бумага	Кислотная коррозия
			Старые картины (натуральные пигменты)*	Почернение вследствие образования сульфидов
Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	Выхлопные газы, сжигание мусора, промышленность	Металлы, мрамор, бумага	Кислотная коррозия
Озон	O <sub>3</sub>	Атмосфера (действие солнечного излучения)	Бумага, ткани, органические материалы	Окисление (старение)
Сероводород	H <sub>2</sub> S	Сточные воды	Старые картины (натуральные пигменты)*	Почернение вследствие образования сульфидов

\* Ис  
сод  
цве  
Газ  
Пр  
ИСТ

# Внутренние загрязнители, источники и влияние (примеры)

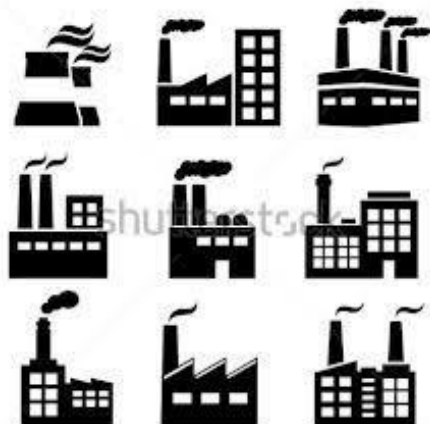
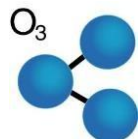
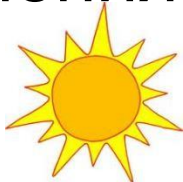
Газ	Формула	Источник	Чувствительные артефакты	Тип повреждения
Муравьиная кислота	$\text{HCOOH}$	Бумага, дерево, пол, мебель.	Металлы (медь и свинец), бумага, органические материалы, известняк	Кислотная коррозия, образование формиатов
Уксусная кислота	$\text{CH}_3\text{COOH}$	Бумага, дерево, пол, мебель.	Металлы (медь и свинец), бумага, органические материалы, известняк	Кислотная коррозия, образование ацетатов
Формальдегид	$\text{CH}_2\text{O}$	Фанера	Металлы (медь и свинец), бумага, органические материалы, известняк, стекло	Кислотная коррозия, образование формиатов
Другие карбонилсодержащие вещества		Дерево, картины, лак	Металлы (медь и свинец), бумага, органические материалы, известняк, стекло	Кислотная коррозия

*Многие коллекционеры ограничивают использование деревянных шкафов для хранения, чтобы избежать повреждения артефактов*

*Существует множество других внутренних источников загрязнения (чистящие средства, люди, рестораны и т.д.), но данные источники загрязнения не настолько опасны*



# Внешние источники загрязнения



Газ	Источник	Типичная концентрация в городе (США)	Нормы по здоровью
Диоксид азота	Выхлопные газы	20 – 60 мкг/м <sup>3</sup> (длительное воздействие)	ВОЗ 40 мкг/м <sup>3</sup> в год, 200 мкг/м <sup>3</sup> в час
Ароматические углеводороды	Выхлопные газы	?	Бензол, толуол, этилбензол, ксилен
Диоксид серы	Процессы горения	15 – 30 мкг/м <sup>3</sup>	ВОЗ 20 мкг/м <sup>3</sup> за 24 часа, 500 мкг/м <sup>3</sup> за 10 минут
Озон	Атмосферное загрязнение + ультрафиолет	100 – 200 мкг/м <sup>3</sup>	ВОЗ 100 мкг/м <sup>3</sup> за 8 часов
Запахи	Различные	?	



# Внутренние источники молекулярного загрязнения

Сотни или тысячи летучих органических соединений

Некоторые известные химические вещества, множество неизвестных  
Концентрация каждого может быть

низкой Эффект коктейля.

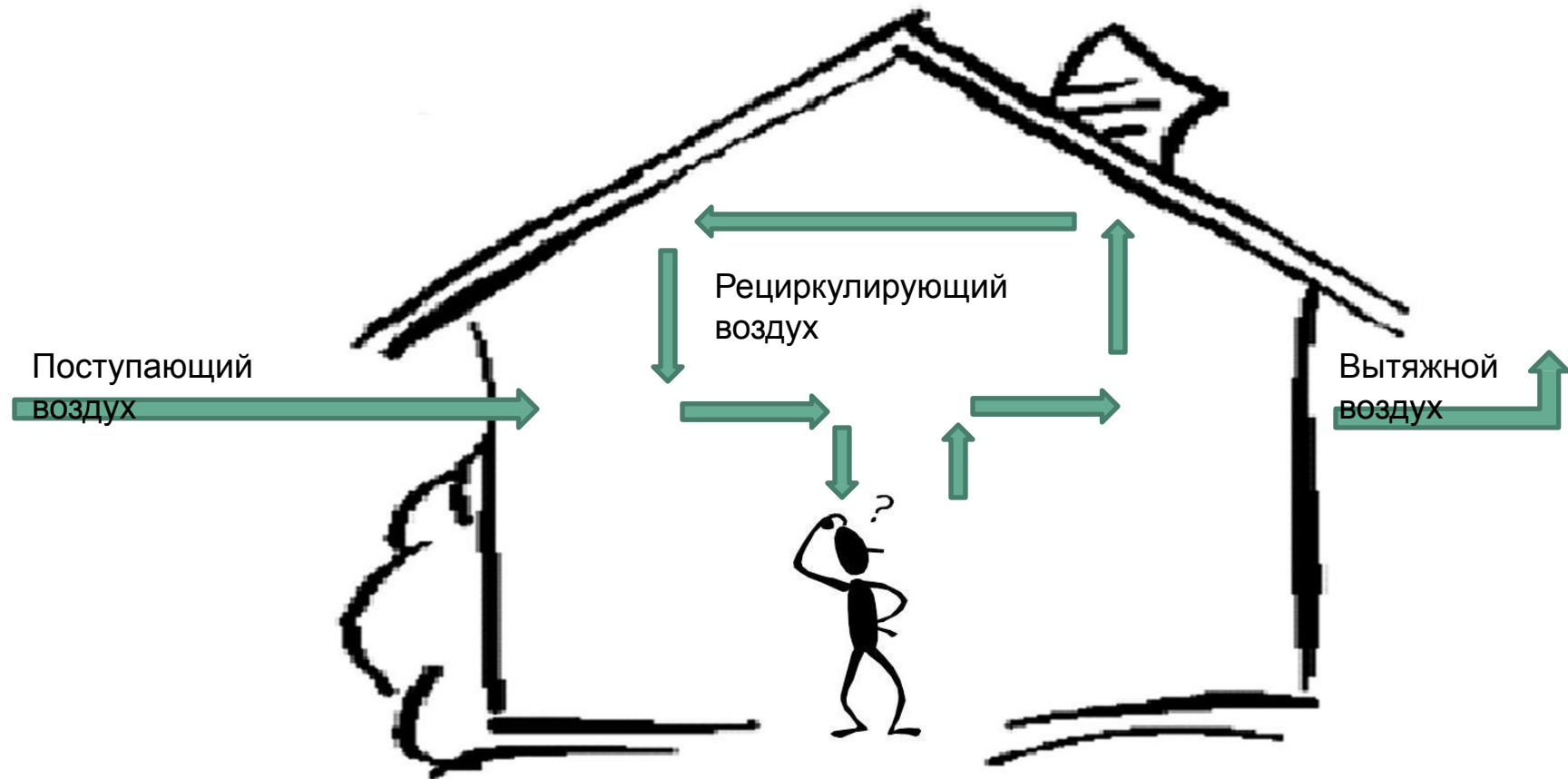
Очень дорогостоящее измерение



MAGICODE YBC Quality Product by YAC CHEMICALS

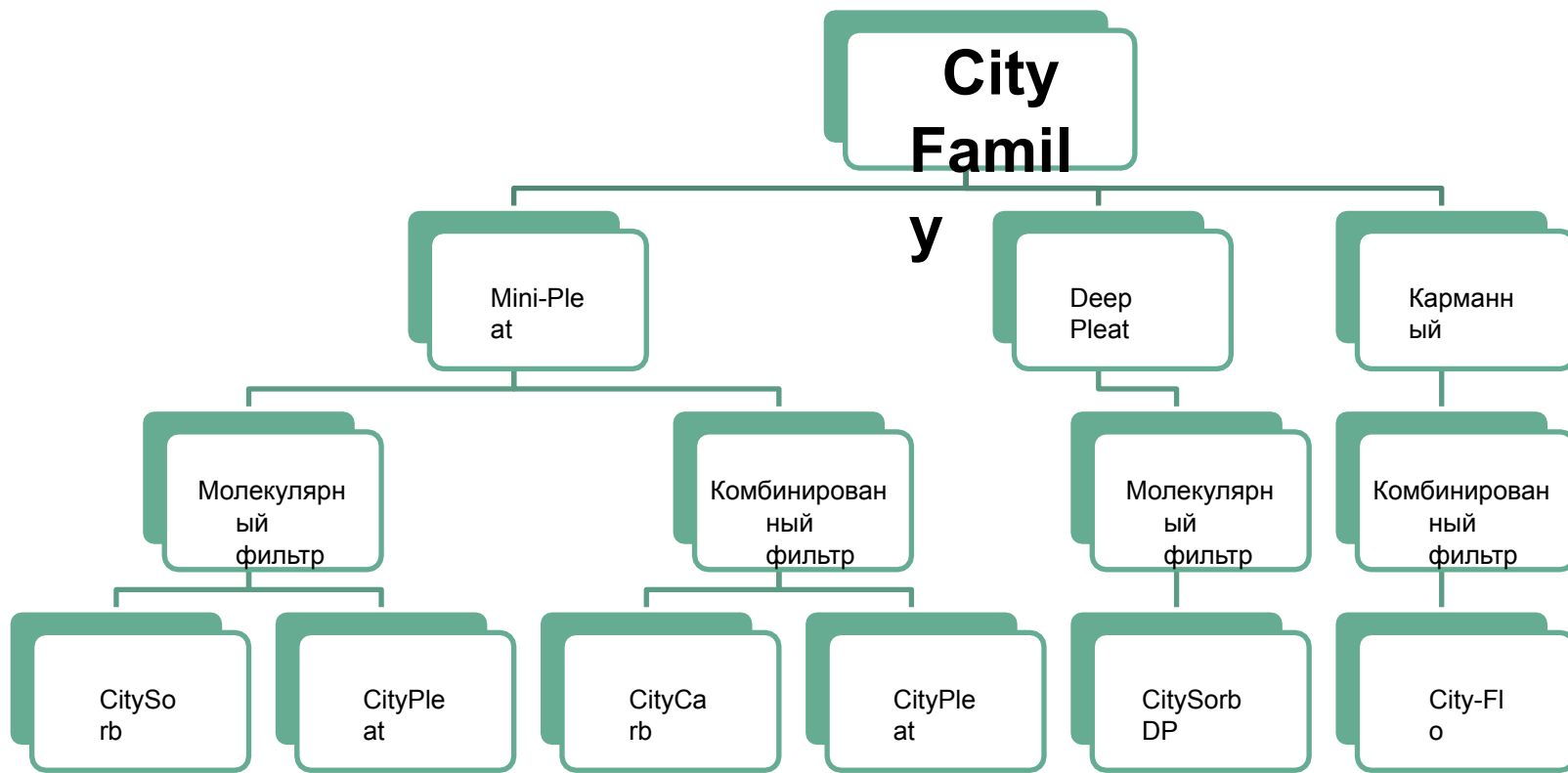


# Типичная система вентиляции в здании



# Выбор молекулярного фильтра на основе области применения и расположения в

Система	Приточный воздух	Рециркулирующий или возвратный воздух
Область применения	Культурное наследие	Культурное наследие
Уровень загрязнения	Средний или высокий	Низкий
Работа фильтра	Одностадийная	Многостадийная
Функция	Контроль внешних источников загрязнения (не влияет на внутренние источники загрязнения)	Контроль внутренних источников загрязнения (контроль остаточных внешних загрязнителей)
Требования клиента (1)	Высокая эффективность	Средняя эффективность
Решение	Средняя или высокая нагрузка	Маленькая нагрузка
Тип фильтра	<u>CamCarb</u>	<u>City Family</u>



# CamCarb

Цилиндры

Панели

Ячейки

Пластик

Металл

Пластик

Металл

Композит

Пластик

Композит

CamCarb  
CG

CamCarb  
CM

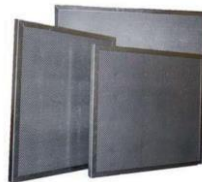
CamCarb  
PG

CamCarb  
PM

CamCarb  
PC

CamCarb  
VG

CamCarb  
VC



# Молекулярная фильтрация в выставочных витринах

- Наиболее чувствительные и ценные артефакты часто выставляются в витринах
  - *Контроль температуры и относительной влажности*
  - *Очень низкая кратность воздухообмена (< 0.1 в день)*
- Материалы конструкции, включая фильтры, должны быть чистыми
  - *Выделение частиц (определяет класс ИСО)*
  - *Выделение газов*
- Выделение газов определяется при температуре захвата и анализа выбросов.
  - *Измеряется в ppm*
- Предложение Camfil: фильтры Gigapleat
- Ссылка – Музей истории искусств - Вена





# Поддержка

- Два основных вопроса....
- Насколько эффективно решение по молекулярной очистке воздуха?
  - *Каково качество воздуха в галерее?*
  - (примечание: - плохое качество воздуха может быть также связано с низкой герметизацией помещения, утечками в здании, поступлением летучих загрязняющих веществ и т.д.)
- Каковы качества решения по молекулярной очистке воздуха?
  - *Оставшийся срок службы?*
  - *На сколько хватит защиты?*

# 11 международная конференция

*Качество воздуха в  
помещениях для хранения  
объектов культурного и  
исторического наследия*

*Прага, Kaiserštejn Palace, 13-16 апреля 2014*

*“Реальное тестирование молекулярных  
фильтров в  
лаборатории”*

# Библиография

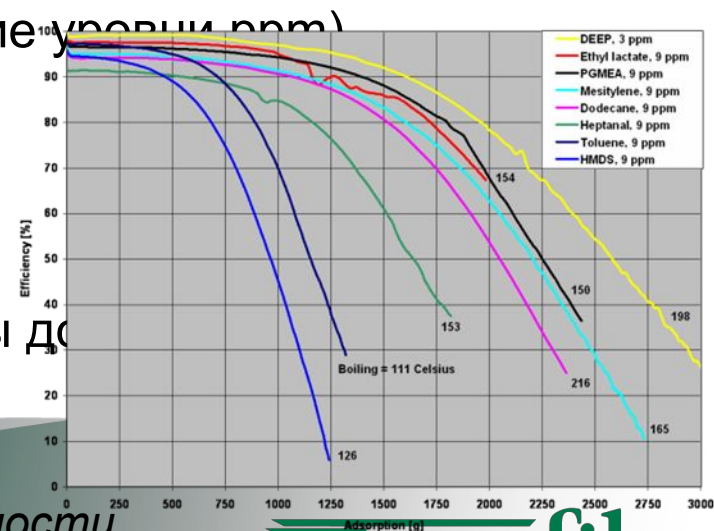
- PAS 198:2012, *Технические условия управления микроклиматом для сохранения объектов культурного наследия.*
- PD5454:2012, *Нормы для хранения и демонстрации архивных материалов.*
- Опасные вещества: диоксид азота, озон, диоксид серы в поступающем воздухе
- 10 международная конференция, Качество воздуха в помещениях для хранения объектов культурного и исторического наследия “Стандарты и Нормы”, Лондон, июнь 2012
- “Анализ рисков”, “оценка различных решений”, “эффективность измерений”, “соотношение цены и качества”.
- *Производители фильтров не всегда достаточно квалифицированы, чтобы решать проблемы клиента.*

# Лаборатория тестирования молекулярных фильтров

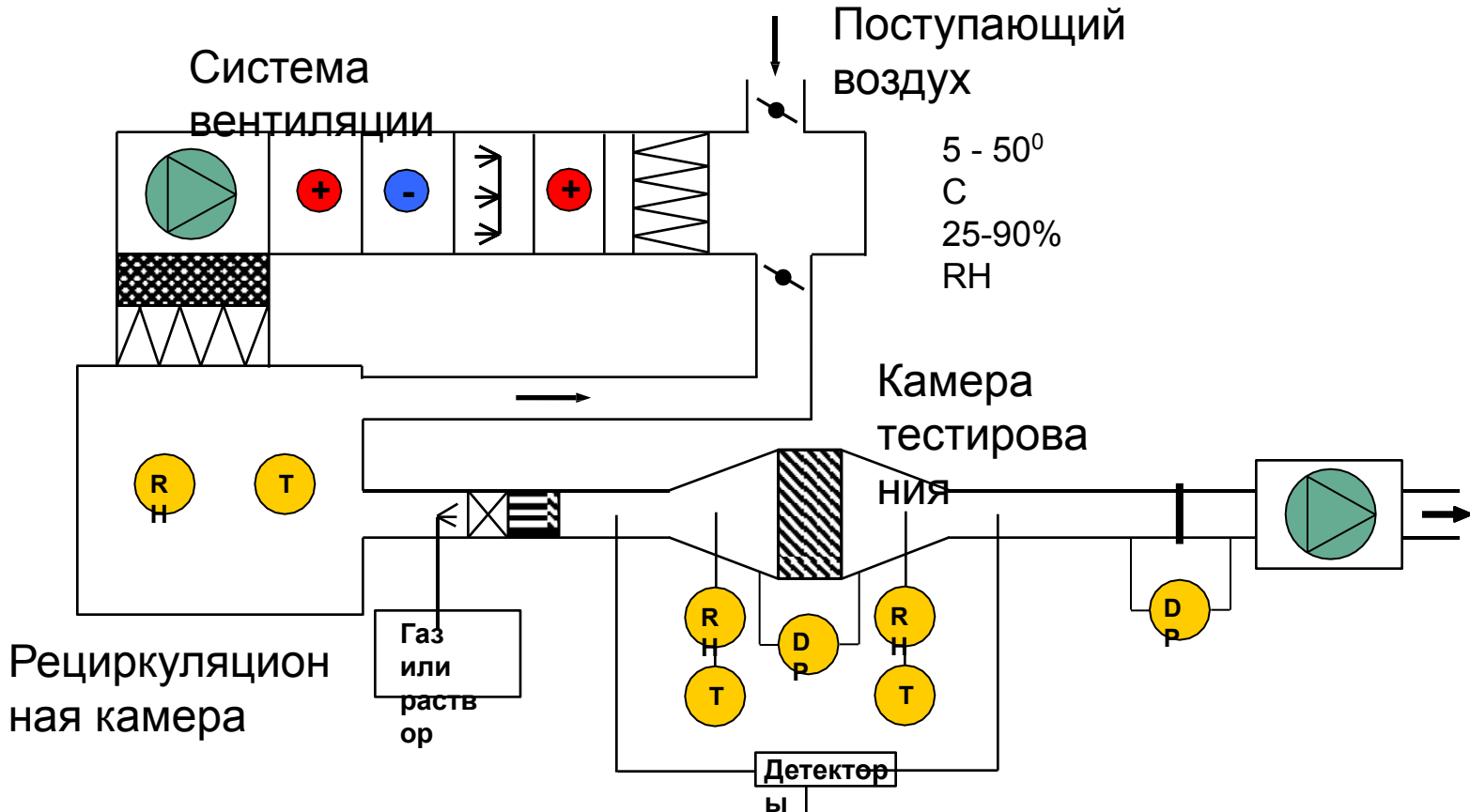
- Начало строительства здания лаборатории в 1997
- Постоянное развитие
- Инвестиции > 1 миллиона евро
- Использование
  - *Разработка новых продуктов*
  - *Специфические требования клиентов*
  - *Анализ продуктов конкурентов*

# Лаборатория тестирования молекулярных фильтров

- Тестирование полноразмерных молекулярных фильтров в реальных условиях
  - Установка и контроль расхода воздуха, температуры и относительной влажности
- **Тестирование** фильтров с использованием одного газа / смеси газов
- Реальные концентрации газов (ppb / низкие уровни ppm)
  - *Результат значим*
  - *Концентрация не завышается искусственно (ASTM D6646)*
- Чувствительные детекторы, установленны до фильтра
  - *Измерения: реальные концентрации*
  - *Результат: реальные кривые эффективности*



# Установка для тестирования молекулярных фильтров (схема)





# Лаборатория молекулярной



# Установка тестирования фильтров





# Ввод газа или пара



# Газовые детекторы



УФ фотометрический анализатор для озона

Флуоресцентный анализатор для серосодержащих газов



Газовый хроматограф для летучих органических соединений

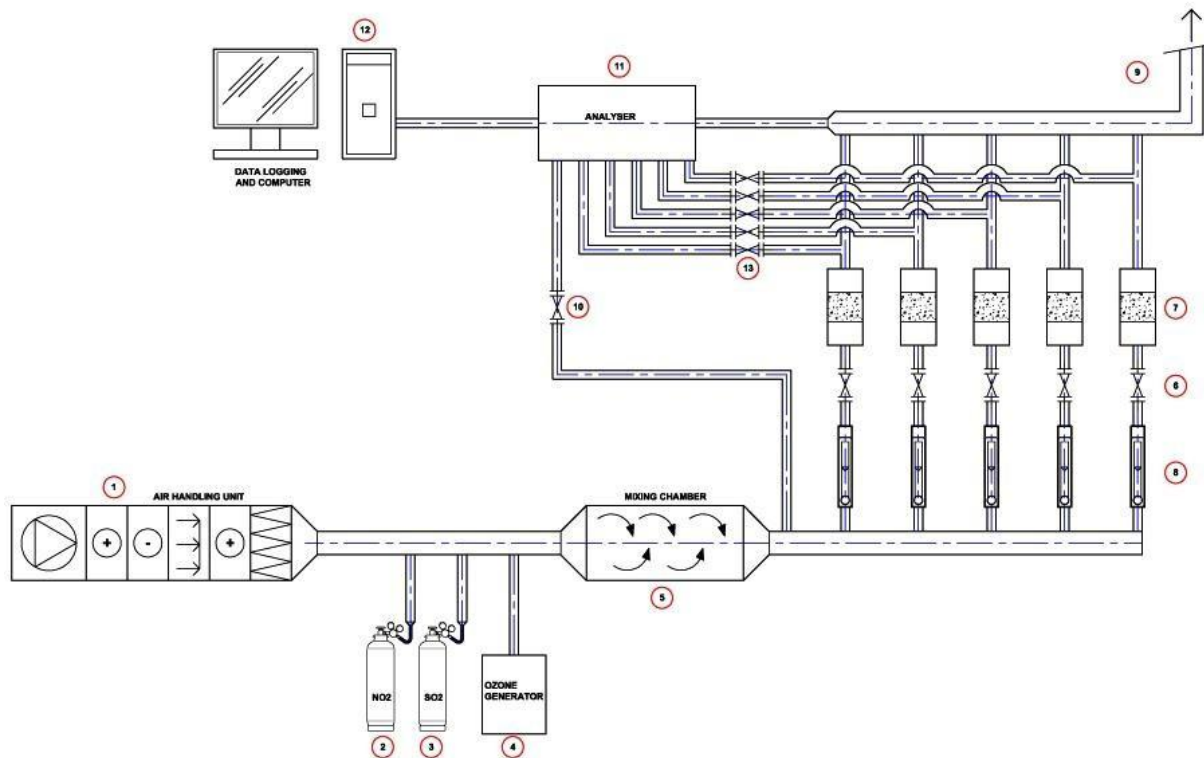


# Молекулярная фильтрация: установка для тестирования фильтрующей среды

- Используется для оценки образцов адсорбентов
  - *Уголь, оксид алюминия, цеолиты, ионообменные смолы*
  - *Гранулы, сферы, пеллеты, волокна*
- Быстрая и удобная технология тестирования фильтрующей среды
- Используется та же система подачи воздуха, что и в установке для тестирования фильтров
- 5 параллельных линий.
  - *4 образца и 1 контроль*

# Установка для тестирования фильтрующей среды (схема)

- 1: AIR HANDLING UNIT
- 2: NO2 BOTTLE
- 3: SO2 BOTTLE
- 4: OZONE GENERATOR
- 5: MIXING CHAMBER
- 6: FLOW CONTROL VALVES
- 7: SAMPLE BED
- 8: ROTAMETERS
- 9: EXHAUST
- 10: UP STREAM FLOW VALVE
- 11: ANALYZING UNIT
- 12: DATA LOGGING
- 13: DOWNSTREAM AUTOMATIC VALVES





# Молекулярная фильтрация: установка тестирования



# Что мы решили сделать?

- Какие адсорбенты являются лучшим решением для очистки воздуха от внешних загрязнителей?
  - *Диоксид азота*
  - *Озон*
  - *Диоксид серы*
  - *Толуол*
- Нагрузочные испытания
  - *Низкие концентрации, ppm*
  - *Минимальное количество адсорбента (но в пределах рекомендаций производителя)*
  - *Относительно небольшая длительность эксперимента.*
  - *Одноступенчатая фильтрация*
- В соответствии с ASHRAE 145.1
- Определение основной разницы в эффективности и сроке службы


# Протокол тестирования

- ASHRAE 145.1  
(2008)

Диоксид азота, NO <sub>2</sub>	3,2 ppm
Диоксид серы, SO <sub>2</sub>	3,4 ppm
Озон, O <sub>3</sub>	0,2 ppm

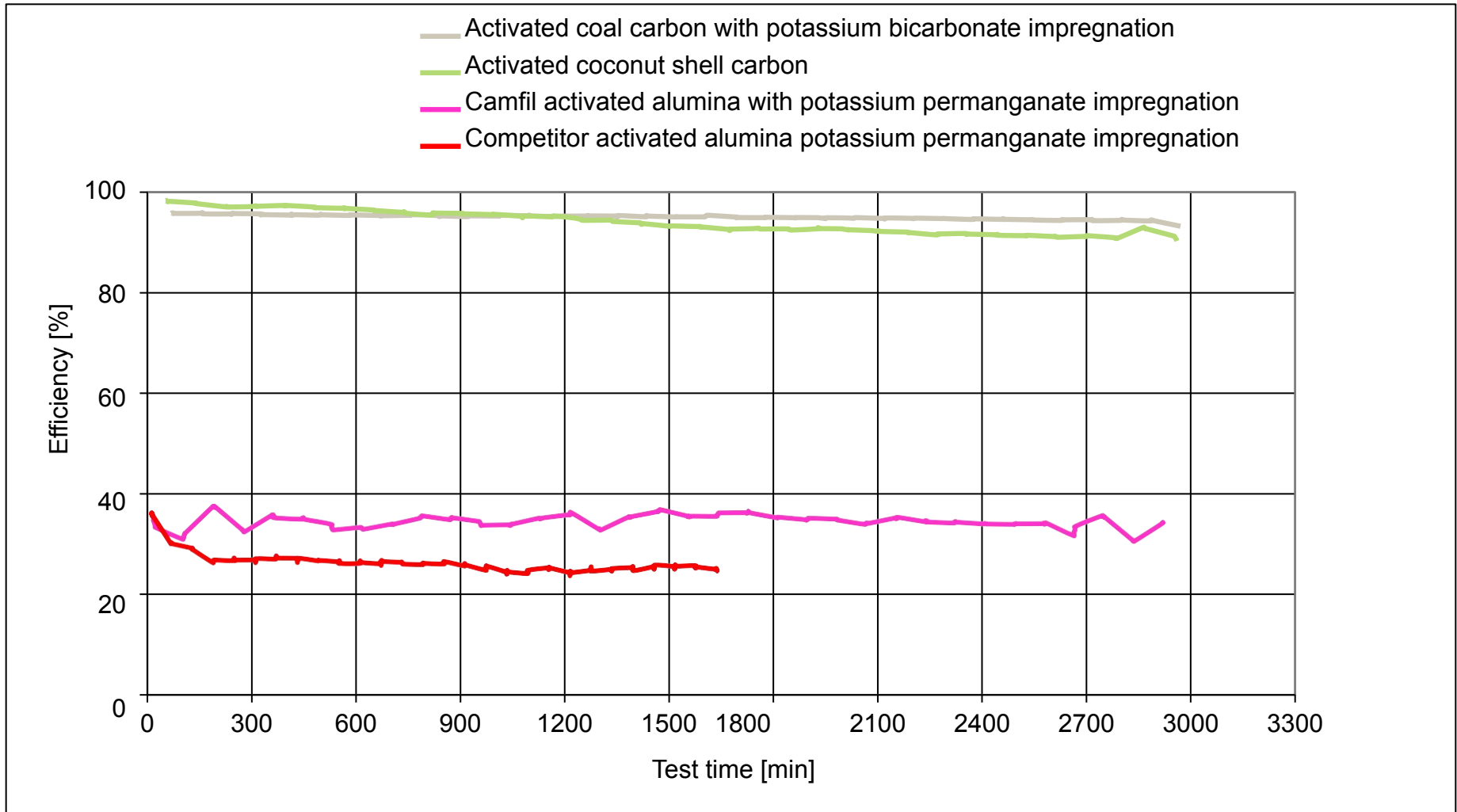
Температура	23 °C ± 0,2
Относительная влажность, RH	50 % ± 0,5
Время контакта	0,1 с

# Примеры фильтрующих сред

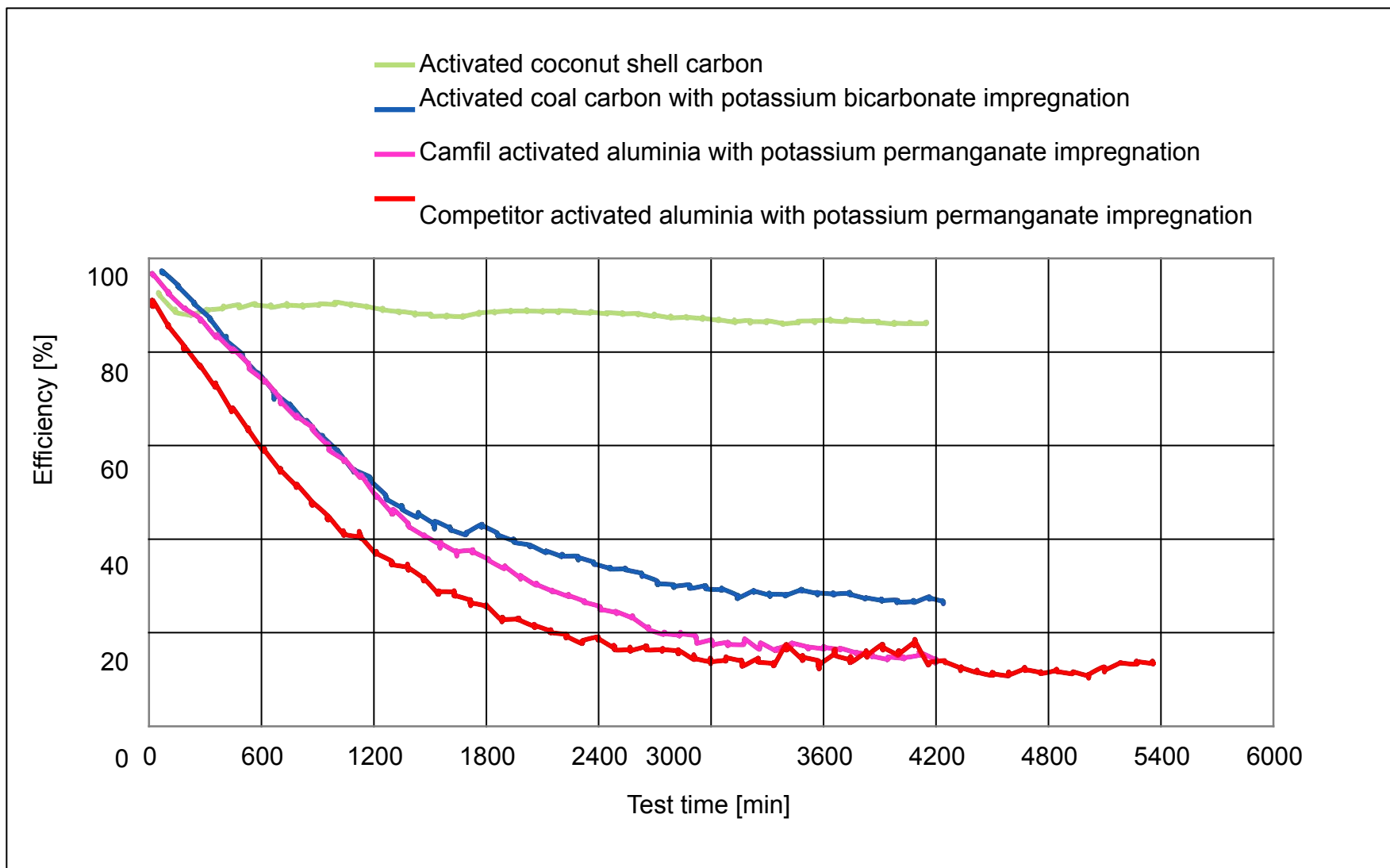
Активированный оксид алюминия, пропитанный перманганатом калия	Шарики размером 3 мм	
Активированный уголь из кокосовой скорлупы	Гранулы 4*8 меш	
Активированный уголь, пропитанный бикарбонатом калия	Пеллеты 3 мм	

Материалы взяты у различных производителей

# Результаты тестирования с диоксидом азота

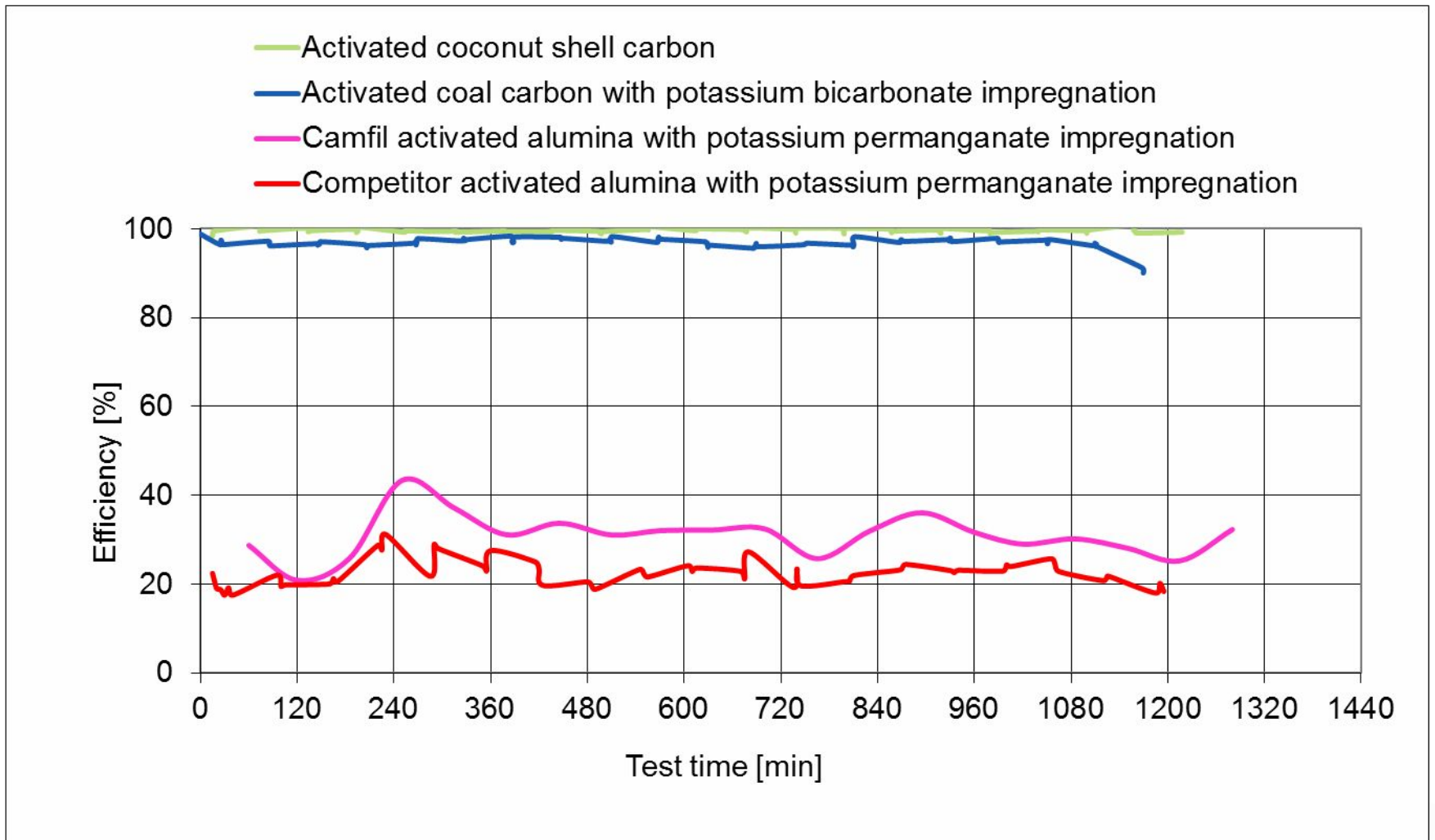


# Результаты тестирования с диоксидом серы

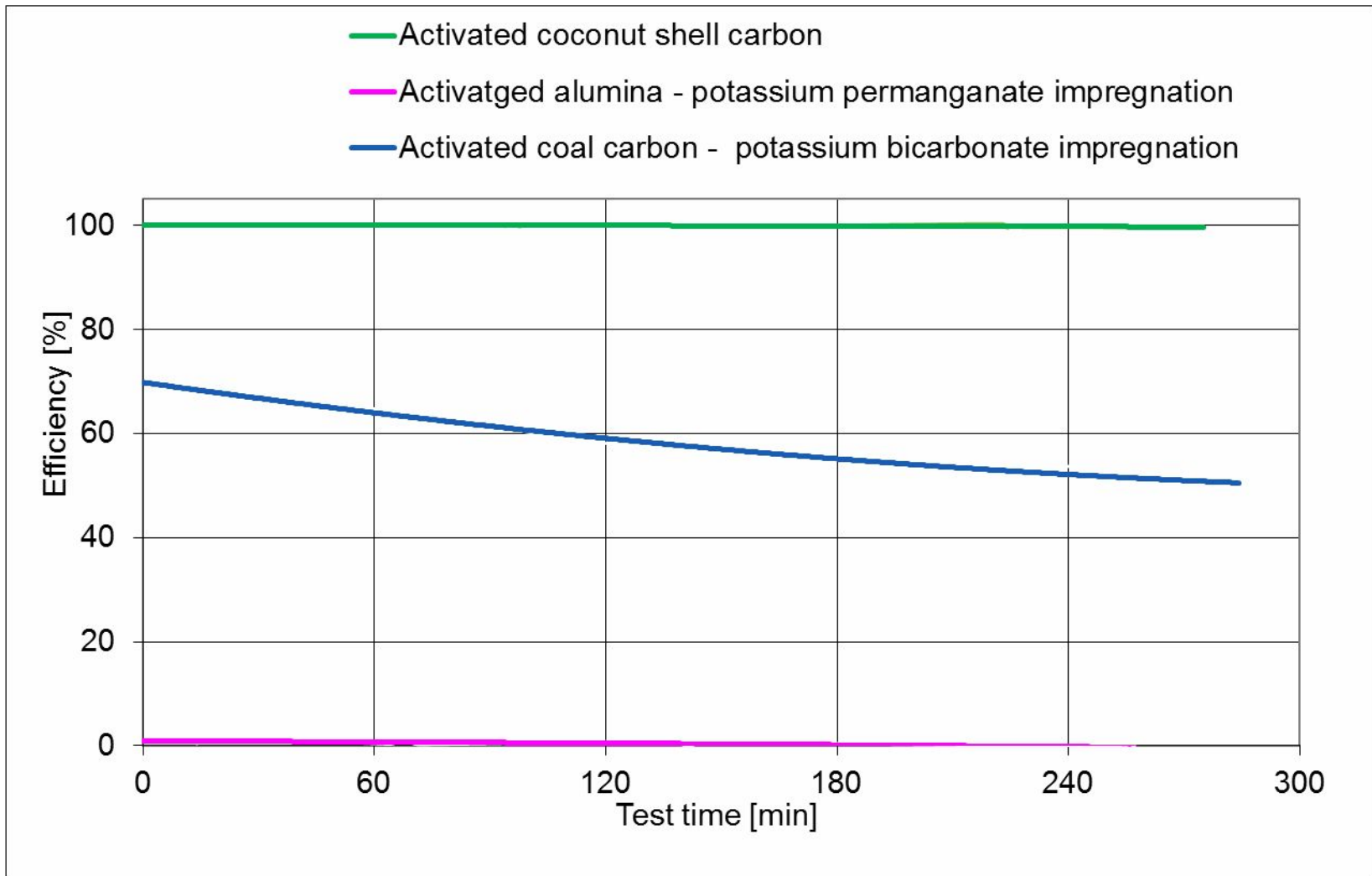




# Результаты тестирования с озоном



# Результаты тестирования с толуолом



# Выводы

- Активированный уголь дает лучшие результаты по сравнению с активированным оксидом алюминия, пропитанным перманганатом калия, в испытаниях с :
  - Диоксидом азота,  $\text{NO}_2$
  - Диоксидом серы,  $\text{SO}_2$
  - Озоном,  $\text{O}_3$
  - Толуолом,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$
- Присутствие пропитки  $\text{K}_2\text{CO}_3$  на активированном угле дает положительные, отрицательные или нейтральные результаты в зависимости от целевого газа
- Зачем использовать активированный оксид алюминия /  $\text{KMnO}_4$  для очистки поступающего воздуха?
- Подтверждение выводов TR70 (1981) Правительством Великобритании – контроль  $\text{SO}_2$

# Характеристики фильтров и выбор фильтра?

- Консультация инженеров?
  - Реставраторов?
  - Владельцев?
  - Компании, занимающейся ремонтом здания?
- 
- Каковы особые требования?
  - Каковы этапы принятия решения?
  - Характеристики утверждаются до или после поставки?

# Следующий шаг для Camfil

- Повтор для внутренних загрязняющих веществ
  - *Формальдегид*
  - *Муравьиная кислота*
  - *Уксусная кислота*

# Новый продукт: CityCarb CH

*Эффективный  
фильтр очистки  
воздуха от частиц,  
комбинированный с  
высокоэффективным  
молекулярным  
фильтром в  
компактном  
исполнении*





# CityCarb CH

- Специализированный продукт Camfil
- Наилучшие характеристики.
- Контроль органических кислот в помещениях для хранения культурных ценностей.
- Органические кислоты (муравьиная и уксусная) образуются в результате неизбежного разрушения целлюлозы (дерево и бумага)
- Низкие концентрации этих кислот разрушают другие артефакты
- Эти внутренние источники загрязнения должны контролироваться в системе рециркуляции воздуха

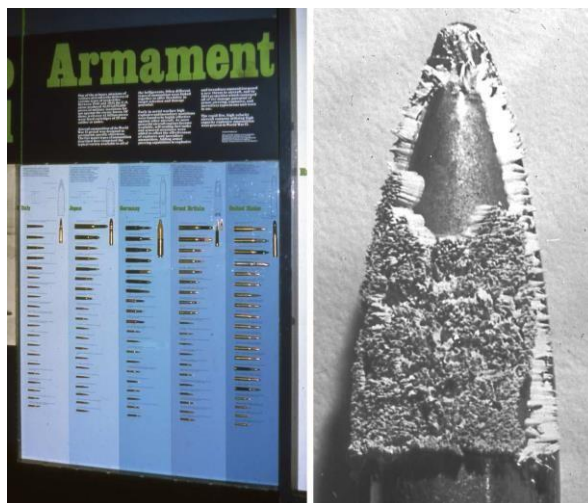
# Артефакты, подверженные влиянию органических

## кислот

• Чувствительные

материалы

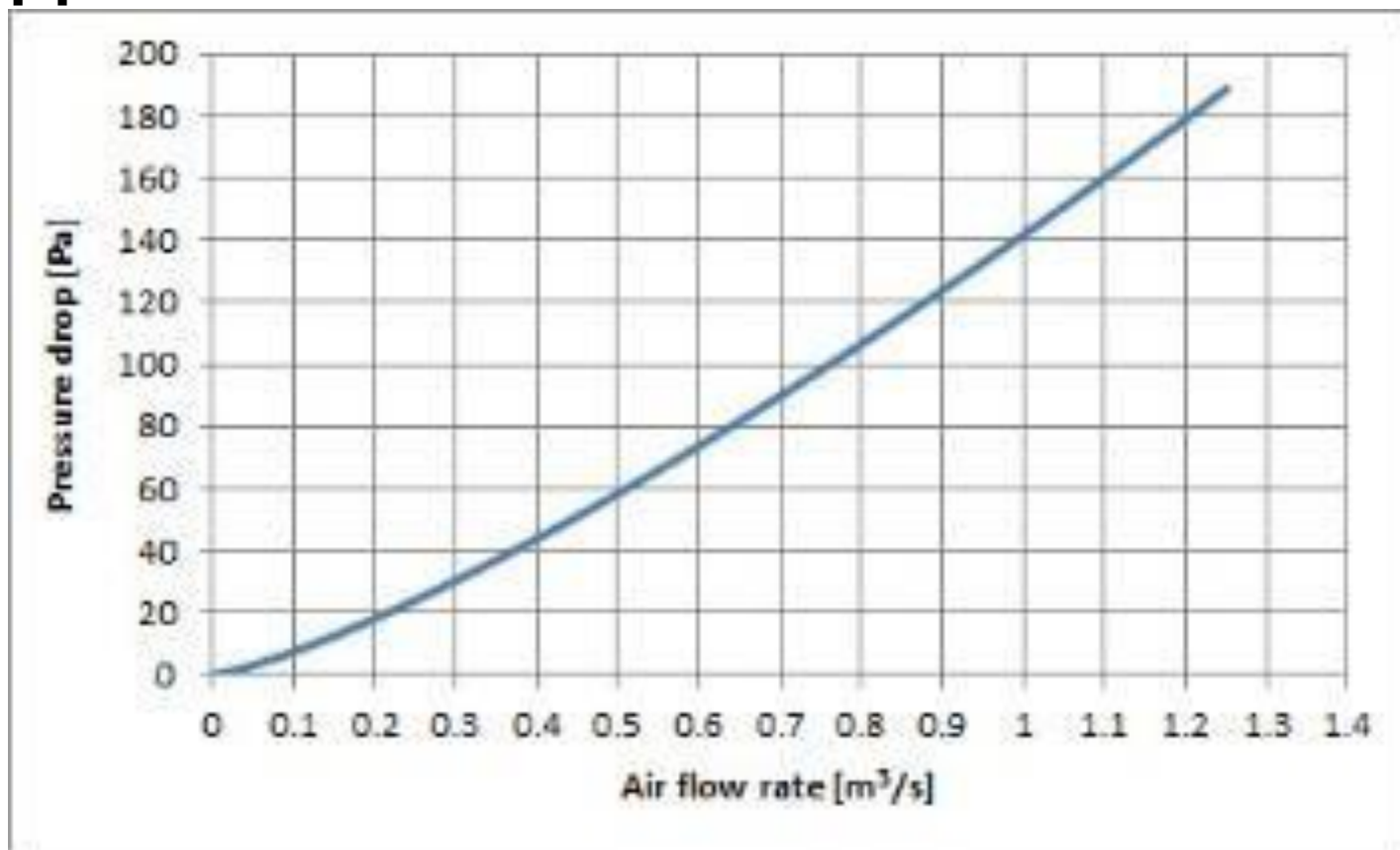
- Свинец
- Стекло
- Медь
- Латунь
- Известняк



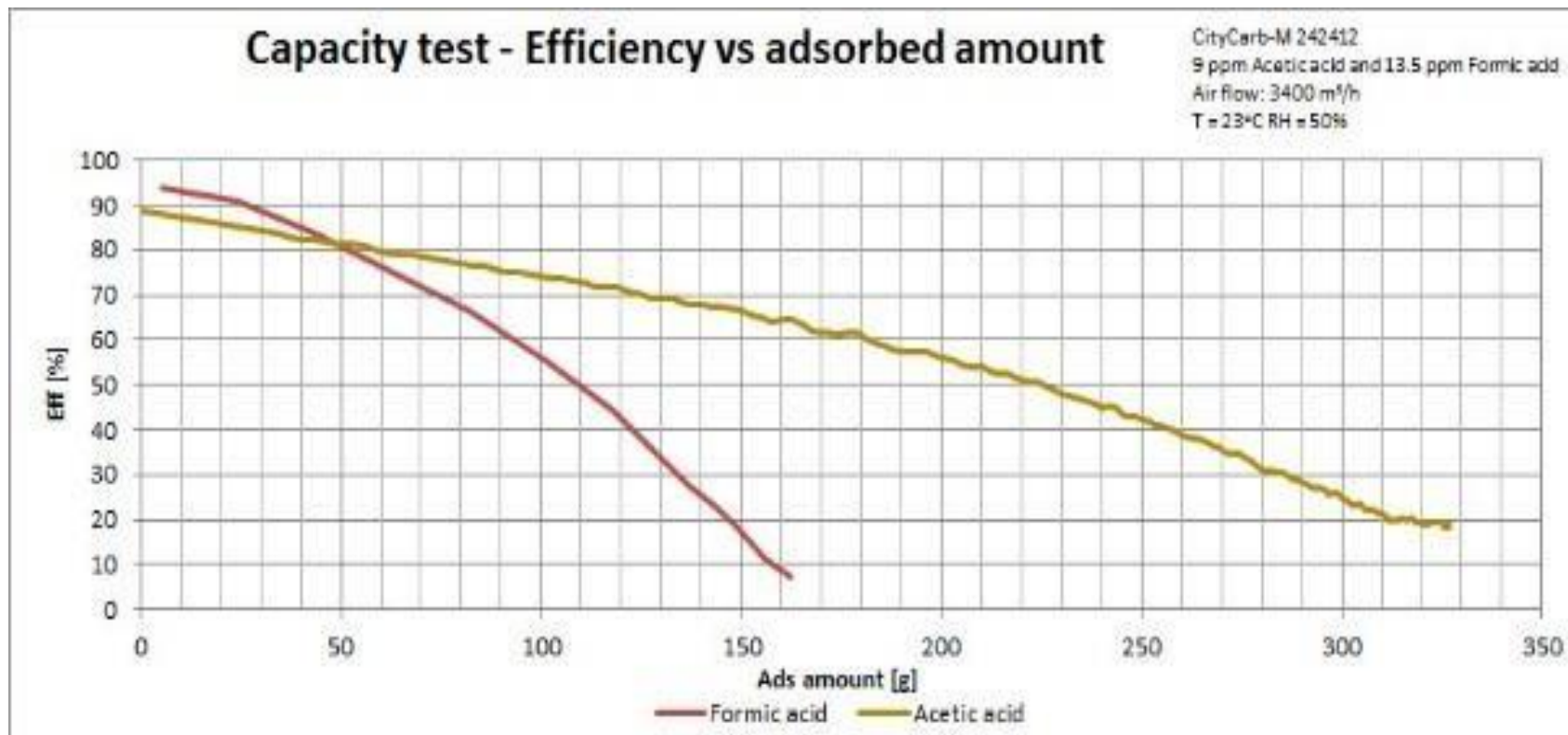
# CityCarb CH

	Единица измерения	Величина	Методика / Стандарт
Расход воздуха	м <sup>3</sup> /ч	3400	
Перепад давления	Па	130	
Эффективность	%	F7	EN779: 2012
Молекулярная эффективность		См. графики	
Озоновый рейтинг			Методика Camfil

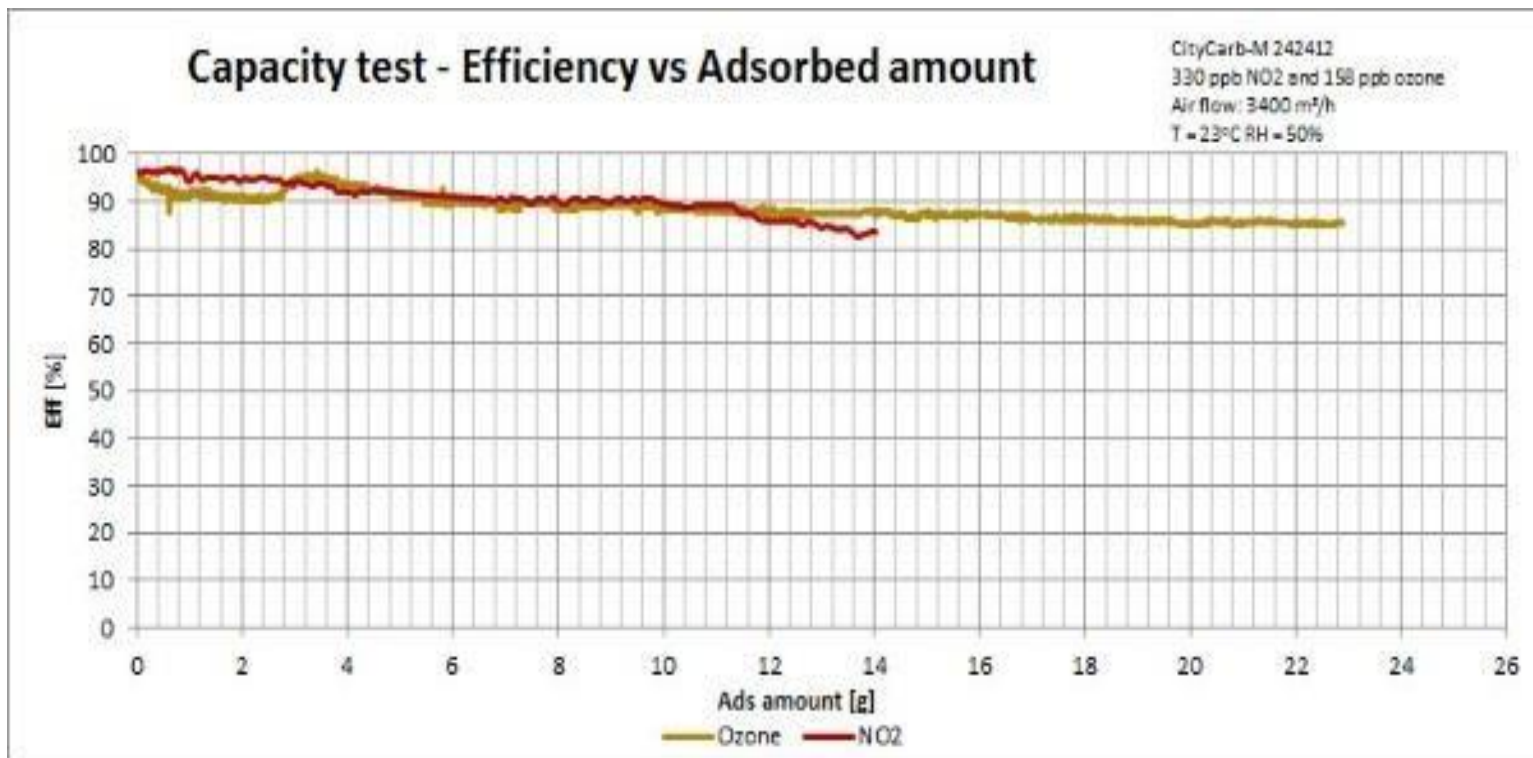
# CityCarb      Перепад давления СН



# CityCarb CH: Характеристики

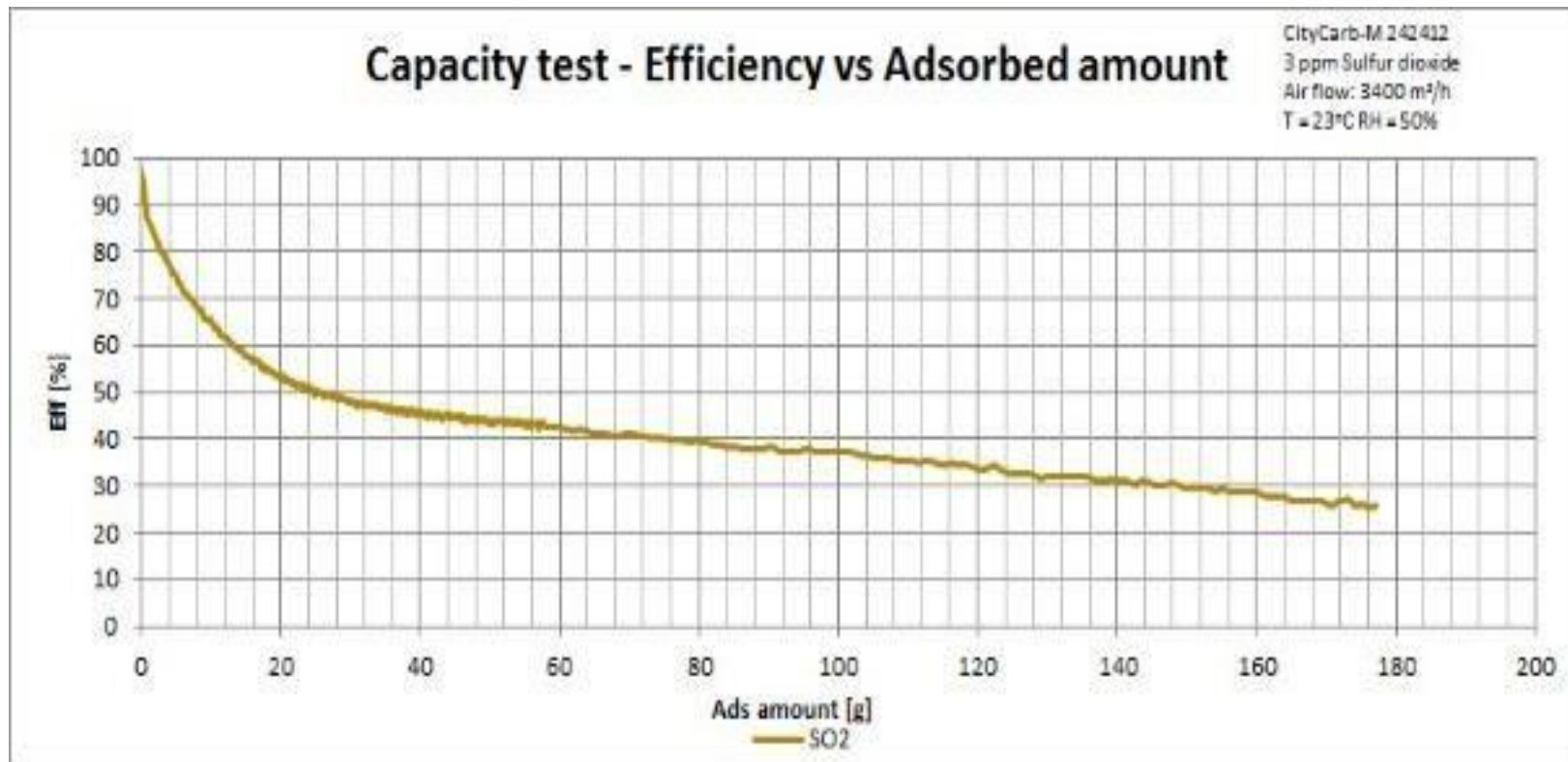


# CityCarb CH: Характеристики





# CityCarb CH: Характеристики



# Культурное наследие - IAMFA



- Диплом: Международная Ассоциация Музейных Администраторов
- Сентябрь 2014

*“Поддержка группы компаний Camfil внесла значительный вклад в развитие миссии IAMFA в области проектирования, строительства, эксплуатации и обслуживания объектов культуры по всему миру”*

- Энергоэффективные воздушные фильтры для снижения энергопотребления и выбросов парниковых газов
- Высокоэффективные молекулярные фильтры с гарантированными характеристиками

# Выводы

- Различные нормы для внутреннего микроклимата
  - В зависимости от расположения, чувствительности артефактов и т.д.
- Внутренние и внешние источники молекулярных загрязнений
- Загрязнители могут контролироваться путем молекулярной очистки воздуха
- Различные решения для поступающего и рециркулирующего воздуха
- Широкий диапазон эффективных решений Camfil
- Проведение детальных исследований продуктов Camfil