

Мониторинг состояния памятников из камня и металла в городской среде.

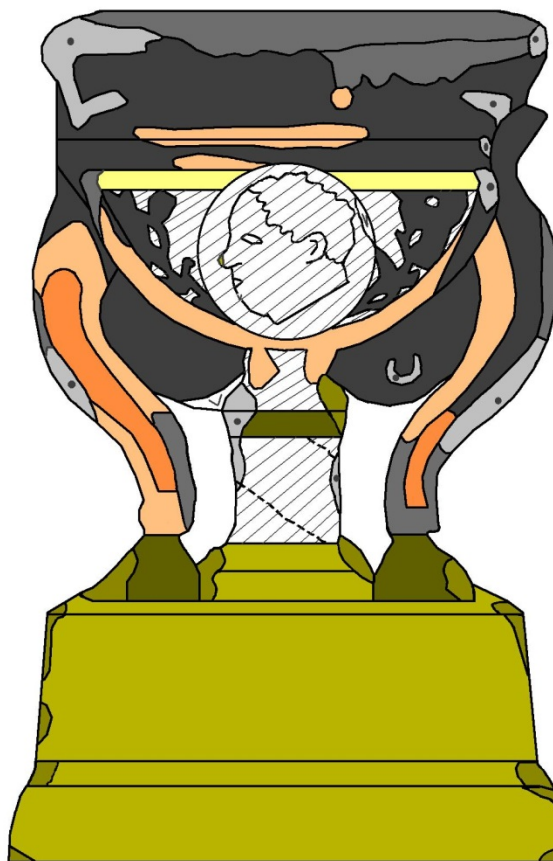
Основные этапы материаловедческой экспертизы материалов ПАМЯТНИКА

- ✓ Натурное обследование объекта
Фотодокументация.
- ✓ Картографирование форм разрушения материала.
- ✓ Исследование проб материала и продуктов его разрушения в комплексе инструментальных методов.
- ✓ Оценка интегрального состояния объекта.
- ✓ Работа в архивах
- ✓ Создание и ведение банка данных по состоянию памятников культурного наследия.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ФОРМ

ВЫВЕТРИВАНИЯ КАМНЯ

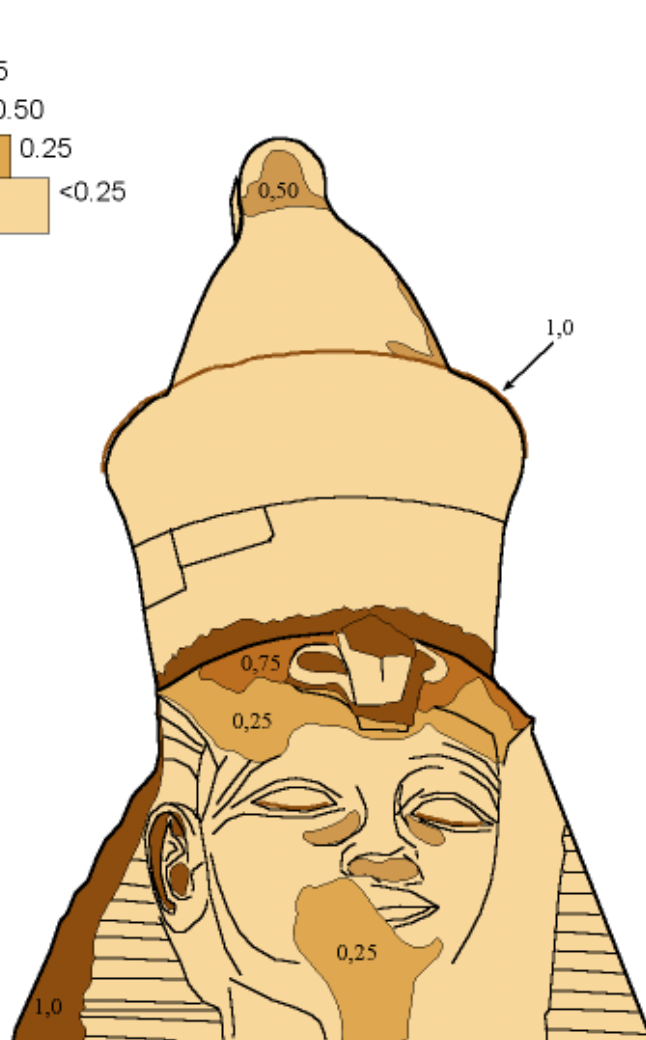
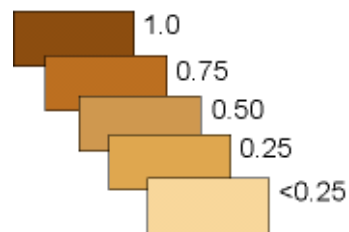
Каррарский мрамор (памятник А.И. Косиковскому)



Условные обозначения:

-  потеря полировки и блеска
-  отшелушивание
-  огрубление поверхности из-за выкрашивания
-  углубления и впадины из-за выкрашивания
-  выбоины и сколы неизвестного происхождения
-  выцветы
-  атмосферные грязевые отложения
-  отслаивание гипсовой корки вместе с мрамором
-  первичная гипсовая корка
-  вторичная гипсовая корка
-  трещины

Гранит из Фив. Сфинксы на Университетской набережной .



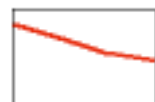
Сфинкс восточный.



- Утраты, сколы
Обламывание кусков камня (старое)
- Трещины
- Мастиковки
Следы старой реставрации



Утраты, сколы



Трещины



Исчербленная поверхность



Мастиковки



Биопоражения

*Сфинкс восточный.
Вид с севера.*



Квалиметрическая ЭКСПЕРТИЗА СОСТОЯНИЯ памятников из различных материалов.

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **КВАЛИМЕТРИЯ** – наука о количественной оценке качества.
- Квалиметрическая экспертиза - оценка интегрального состояния (сохранности) объекта одним числом по совокупности показателей.

Квалиметрическая экспертиза –
квалиметрия в действии

Основные соотношения квалиметрии

$$0 \leq Q \leq 1$$

(1)

Полное разрушение

Идеальное состояние

$$\Delta = 1 - Q$$

(2)

Δ – степень разрушения объекта

Q – интегральное состояние объекта

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}$$

(3)

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}$$

(4)

q_i – величина i -того показателя, характеризующего локальное состояние объекта;

n – число показателей, используемых при оценке состояния объекта;

α_i – весомость i -того показателя.

$$0 < q_i \leq 1;$$

(5)

$$\sum_i a_i = 1$$

(6)

Основные этапы квалиметрической экспертизы

- Создание расчетных моделей (выбор локальных показателей и определение их весов).
- Определение значений локальных показателей для каждого объекта.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

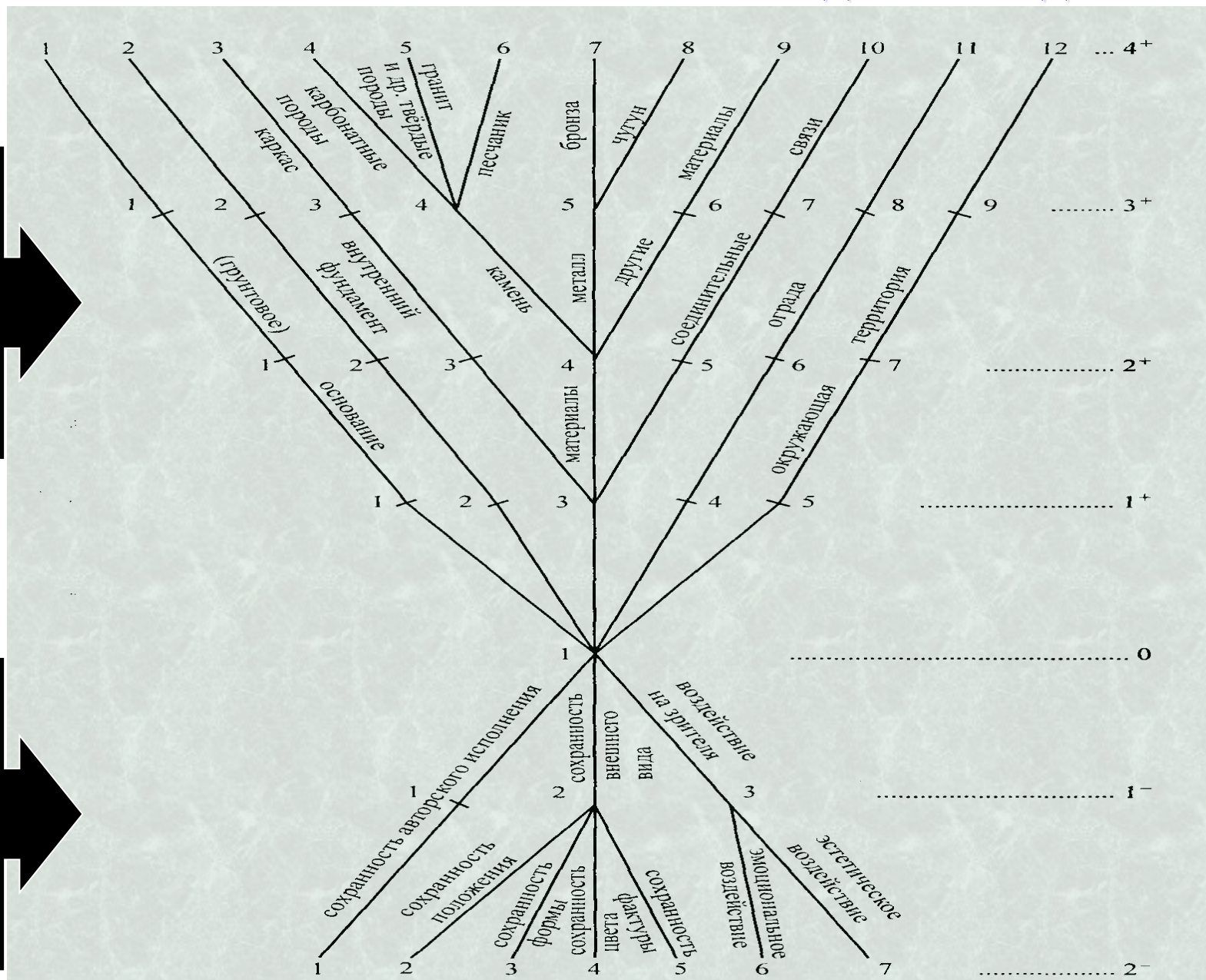
- **Выбор необходимого для расчёта конечного количества показателей и оценка их информативности.**
- **Выбор необходимого для экспертизы конечного числа экспертов и оценка их квалификации.**

Методика кваліметричної
експертизи
состояния памятников культурного
наследия в городской среде

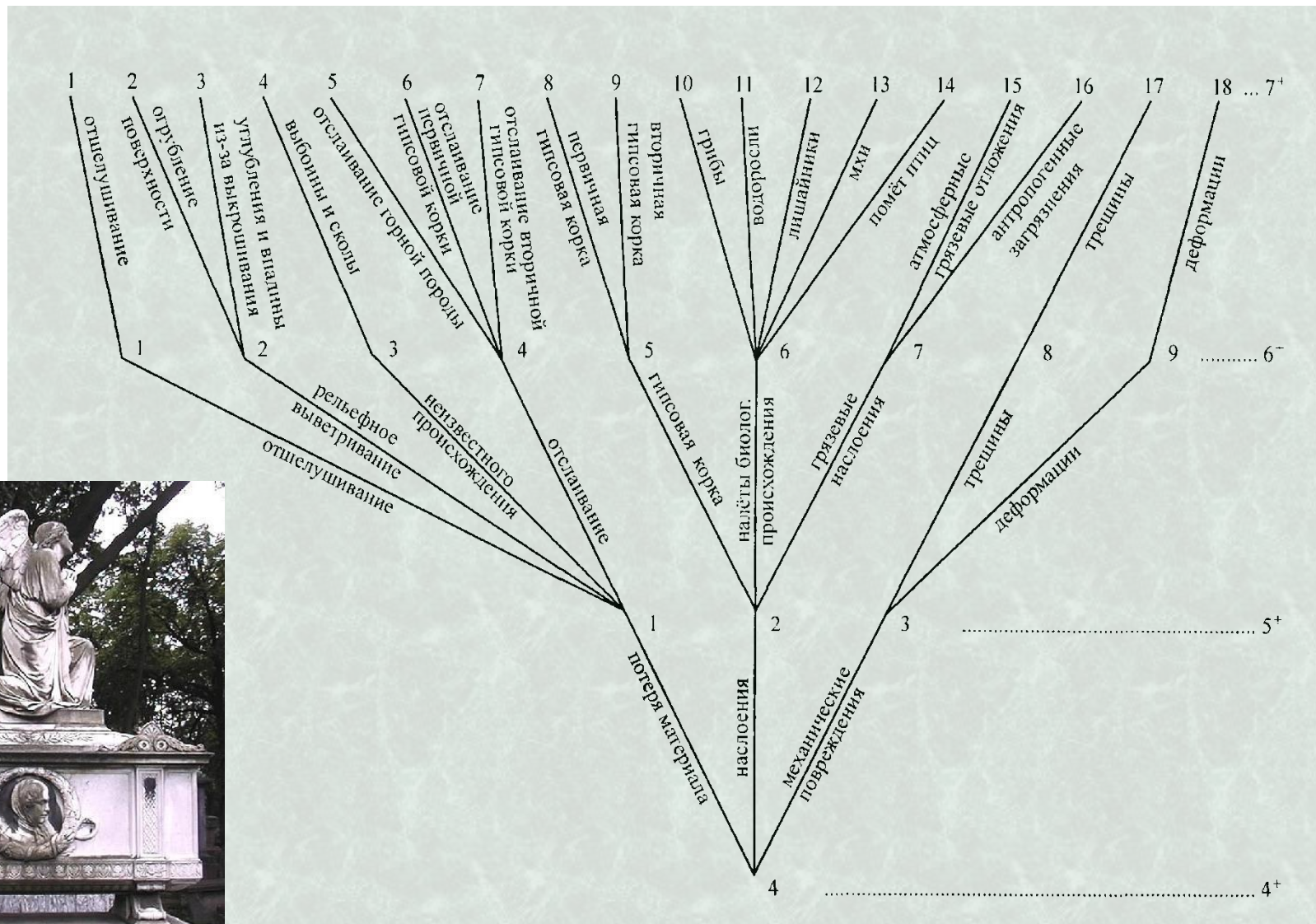
МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СКУЛЬПТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Морфоло-
гическая
часть модели

Функцио-
нальная
часть модели



Детальная оценка состояния мрамора по морфологическим показателям



Классификация форм разрушения камня в городской среде



Расчетная модель для оценки состояния материала бронзового памятника

5 Уровень детализации	6 Уровень детализации
<i>Показатель</i>	
1. Наслоения	1. Коррозионная пленка
	2. Биологический налет
	3. Грязевые атмосферные
	4. Антропогенные
	5. Защитный слой
	6. Натёки
2. Механические повреждения	7. Нарушение фактуры поверхности
	8. Вмятины
	9. Потеря частей

СОСТАВ ЭКСПЕРТНОЙ ГРУППЫ

А.Г. Булах	- минералог
Д.Ю. Власов	- биолог
М.С. Зеленская	- биолог
А.А. Золотарев	- минералог
Н.Н. Ефремова	- музейный работник
В.М. Маругин	- инженер
В.В. Рытикова	- музейный работник
С.Г. Тучинский	- реставратор
О.В. Франк-Каменецкая	- кристаллограф
С.Б. Щигорец	- реставратор

Весовые коэффициенты определены методом ранжирования .

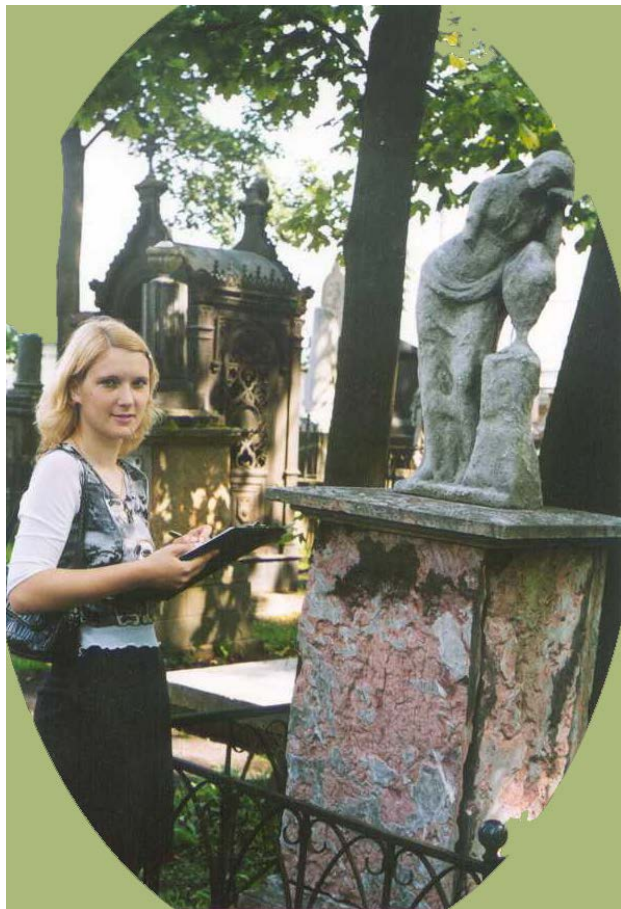
СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУППЫ ЭКСПЕРТОВ

- Состав группы не меняется в течение длительного времени. Мнения всех членов группы считаются равноценными.
- Состав группы постоянно корректируется. Обычно, исключаются те эксперты, чьи оценки отличаются от оценок большинства.

ЧАСТНЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭКСПЕРТА

- **Интегральные показатели вычисленные для различных уровней расчётной модели должны быть близки.**
- **Интегральные показатели, вычисленные по морфологическим и функциональным расчётным моделям, должны быть близки.**
- **Показатели, характеризующие сохранность и степень разрушения объекта в сумме должны быть приблизительно равны единице .**
- **Весовые коэффициенты на смежных уровнях детализации должны быть взаимосвязаны.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ЛОКАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ ПАМЯТНИКА



Н.Ф. Лепешкина

Интенсивность проявления различных форм разрушения камня по пятибальной шкале:

- 5 – очень интенсивное развитие
- 4 – интенсивное
- 3 – значительное
- 2 – незначительное
- 1 – данный вид разрушения отсутствует

При выставлении оценок надо учитывать относительную площадь конкретного вида разрушения, а также глубину его проникновения в толщу камня или толщину наслоения

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i^{\alpha_i}$$

Значения локальных показателей в пятибальной и квалиметрической шкалах.

Шкала	Показатель	Значения				
5-ти бальная	Δq_i	5	4	3	2	1
Квалиметр.	Δq_i	1	0.75	0.50	$\frac{0.2}{5}$	0
Квалиметр.	q_i	0	0.25	0.50	$\frac{0.7}{5}$	1.0

Пример оценки состояния мрамора на памятнике А.П. Берилловой



Результаты расчета:

$$Q = 0,71 ;$$

$$\Delta = 1 - Q = 0,29$$

Локальный показатель состояния q_i			
Вид разрушения	Величина		α_i
	Δq_i Исх.	q_i Квал.	
Отшелушивание	2	0,75	0,005
Огрубление поверхности	3	0,5	0,075
Углубления и впадины	2	0,75	0,09
Выбоины и сколы неизвестного происхождения	4	0,25	0,003
Отслаивание первичной корки	2	0,75	0,1
Отслаивание вторичной корки	1	1	0,11
Первичная гипсовая корка	2	0,75	0,09
Вторичная гипсовая корка	1	0,95	0,105
Грибы	3	0,5	0,002
Водоросли	3	0,5	0,02
Лишайники	2	0,75	0,02
Мхи	1	1	0,01
Помет птиц	1	1	0,01
Атмосферные грязевые отложения	4	0,25	0,04
Антропогенные загрязнения	1	1	0,002
Трещины	3	0,5	0,15
Деформации	1	1	0,15

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Оценка эффективности реставрационных работ на памятнике «Сфинксы»



Эффект реставрационных работ. Черная полоса – пленка из грязи и биологических отложений, оставленная для сравнения.

СОСТОЯНИЕ ПАМЯТНИКА ДО И ПОСЛЕ РЕСТАВРАЦИИ



До реставрации:

Восточный сфинкс (B+) $\Delta = 21\%$

Западный сфинкс (З+) $\Delta = 26\%$

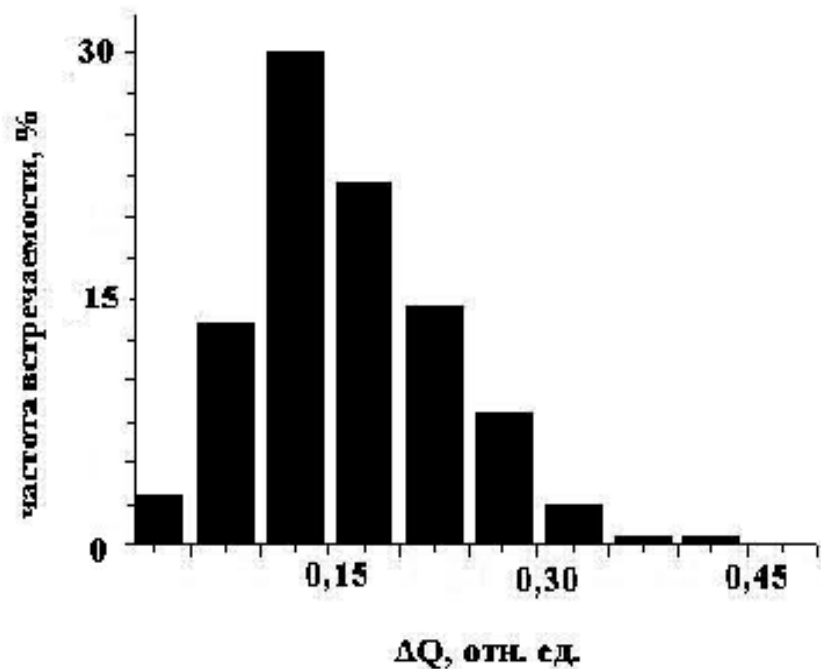
После реставрации:

Восточный сфинкс (B++) $\Delta = 9\%$

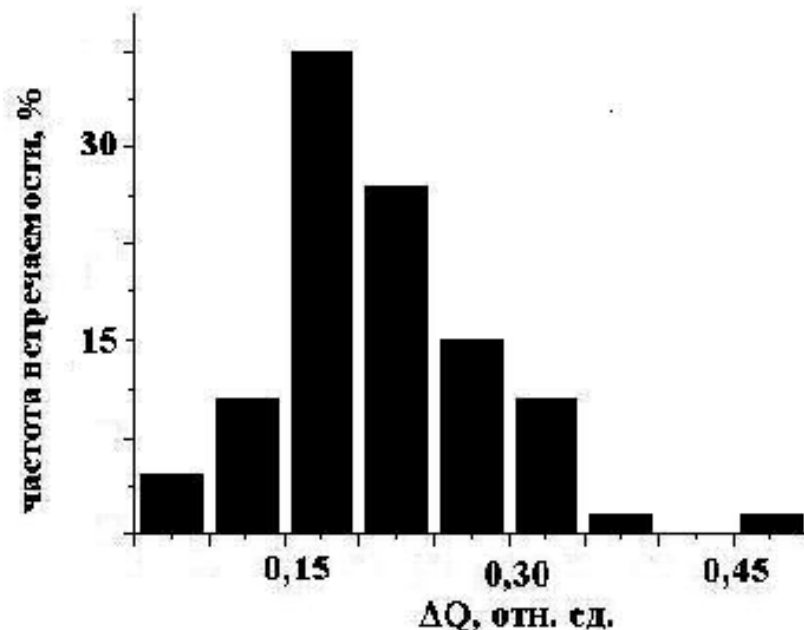
Западный сфинкс (З++) $\Delta = 12\%$

Планирование консервационных и реставрационных работ

Состояние карбонатных пород в 200 памятниках некрополя XVIII в.



МРАМОР



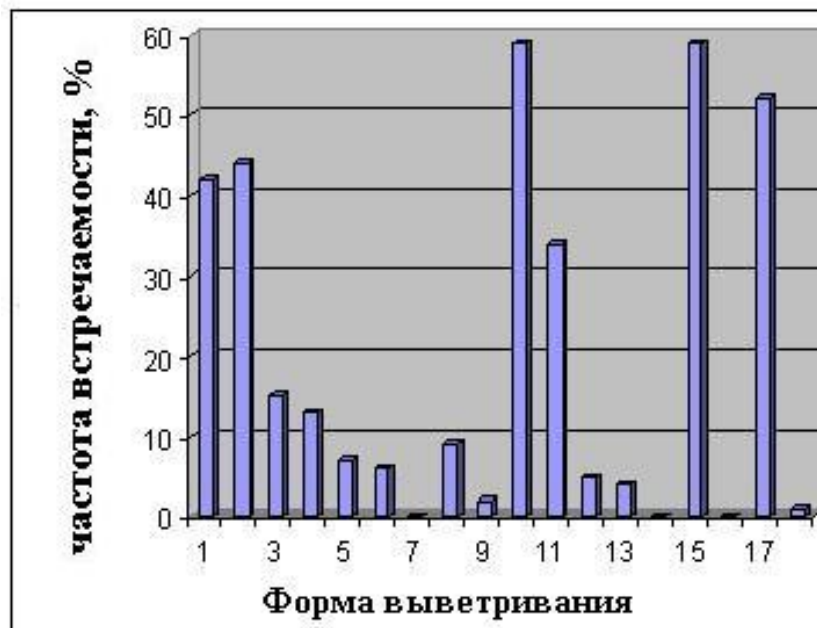
ИЗВЕСТНЯК

$\Delta Q = 0$ (идеальное состояние)

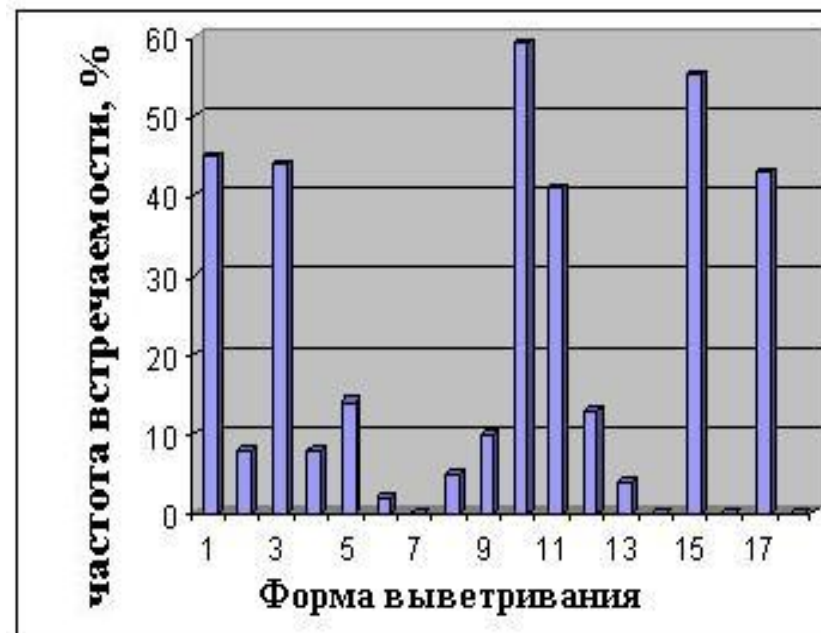
$\Delta Q = 1$ (полное разрушение)

Изучение процессов выветривания камня

Мрамор (n=189)



Известняк (n=93)



1 - отшелушивание

10 — грибы

2 — огрубление поверхности

11 — водоросли

3 — углубления и впадины

12 — лишайники

4 — выбоины и сколы неизвестного происхождения

13 – мхи

5 — отслаивание горной породы

14 — помет птиц

6 — отслаивание первичной гипсовой корки вместе с горной породой

15 — атмосферные грязевые отложения

7 — отслаивание вторичной гипсовой корки вместе с горной породой

16 — антропогенные загрязнения

8 - первичная гипсовая корка

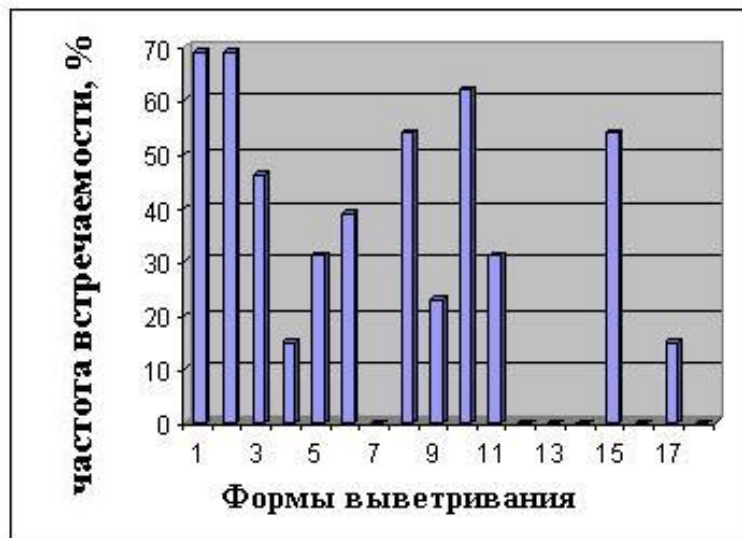
17 — трещины

9 — вторичная гипсовая корка

18 — деформации

Особенности выветривания различных мраморов

**Кальцитовый мелко-, среднезернистый
однородный (Каррарский)**



**Кальцитовый крупнозернистый
однородный (Уральский)**



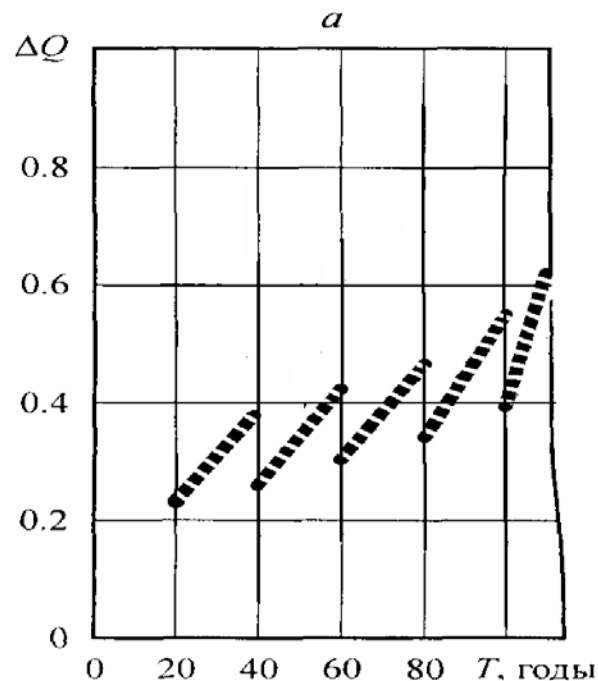
1 - отшелушивание	10 — грибы
2 — огрубление поверхности	11 — водоросли
3 — углубления и впадины	12 — лишайники
4 — выбоины и сколы неизвестного происхождения	13 — мхи
5 — отслаивание горной породы	14 — помет птиц
6 — отслаивание первичной гипсовой корки вместе с горной породой	15 — атмосферные грязевые отложения
7 — отслаивание вторичной гипсовой корки вместе с горной породой	16 — антропогенные загрязнения
8 - первичная гипсовая корка	17 — трещины
9 — вторичная гипсовая корка	18 — деформации

**Доломитизированный разномзернистый,
неоднородный (Рускеальский)**



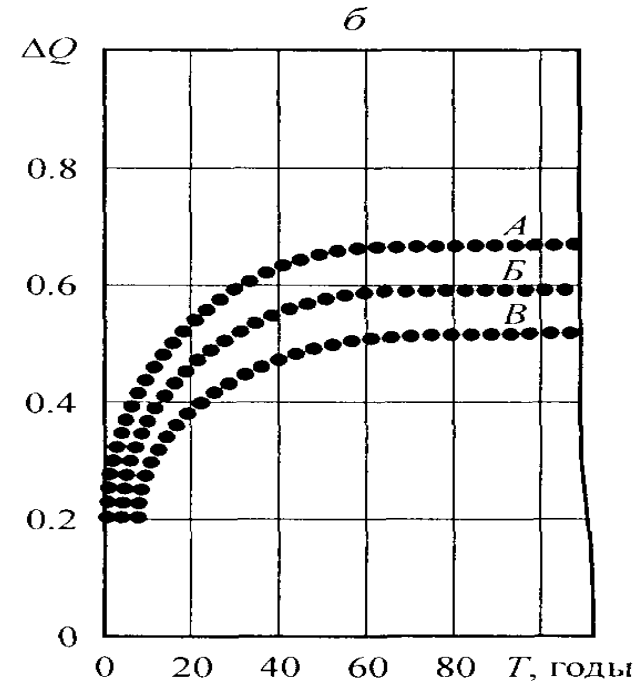
Динамика изменений состояний памятников во времени

Отдельный объект



Виден эффект
реставрационных
работ.

Совокупность объектов, находящихся
в различных условиях (А, Б, В)



РЫНОЧНАЯ СТРАТЕГИЯ

Расчет платежей за работы в зависимости
от их качества

Введение (на договорных условиях) в
формулу платежей $\Sigma = K \Sigma_0$ поправочного
коэффициента

$$K = K(Q)$$

(Σ — сумма выплат при окончательном
расчёте;

Σ_0 — первоначально запланированная
сумма).

Квалиметрическая экспертиза памятников культурного наследия позволяет:

- 1. Изучать закономерности и динамику их разрушения.**
- 2. На научной объективной основе планировать проведение на них мероприятий профилактического характера и реставрационных работ.**
- 3. Оценивать эффективность профилактических и реставрационных работ.**
- 4. Объективно рассчитывать платежи за эти работы в зависимости от их качества.**

Комплекс лабораторных методов для исследование проб каменного материала и продуктов его разрушения

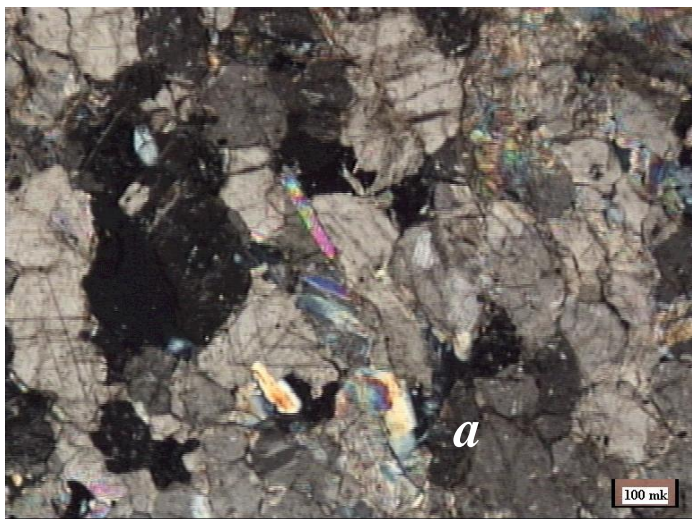


Бинокулярная и поляризационная микроскопия

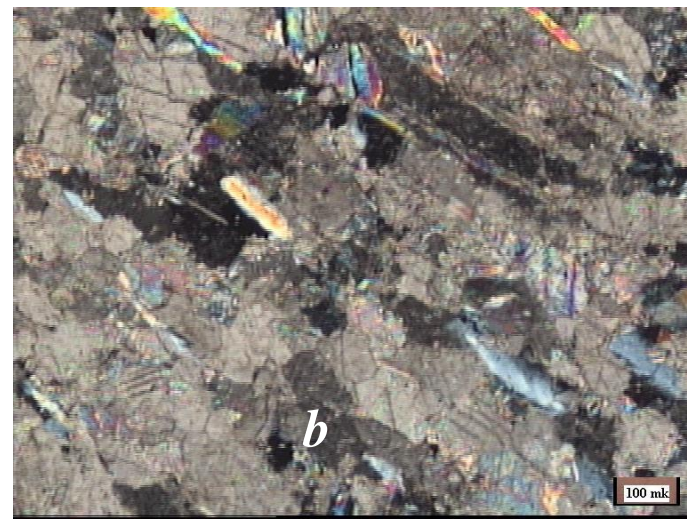
Задачи:

- ✓ Описание породы;
- ✓ Определение ее минерального состава
- ✓ Анализ происхождения каменного материала.

Диагностика происхождения мрамора по шлифам



*Видна
полосчатая
текстура,
вытянутые
зерна
амфибола,
спайность по
ромбоэдру*



Серый мелко-, среднезернистый, амфибол-содержащий мрамор

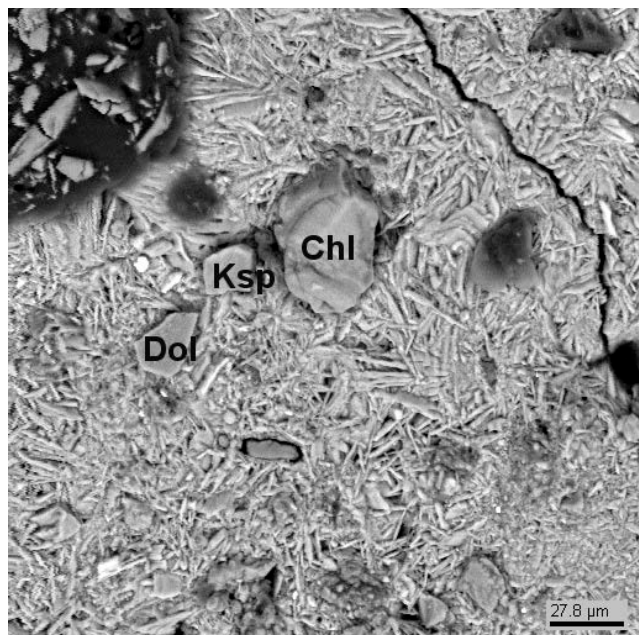
С памятника Е.А. Руммель

Из Рускеальского месторождения

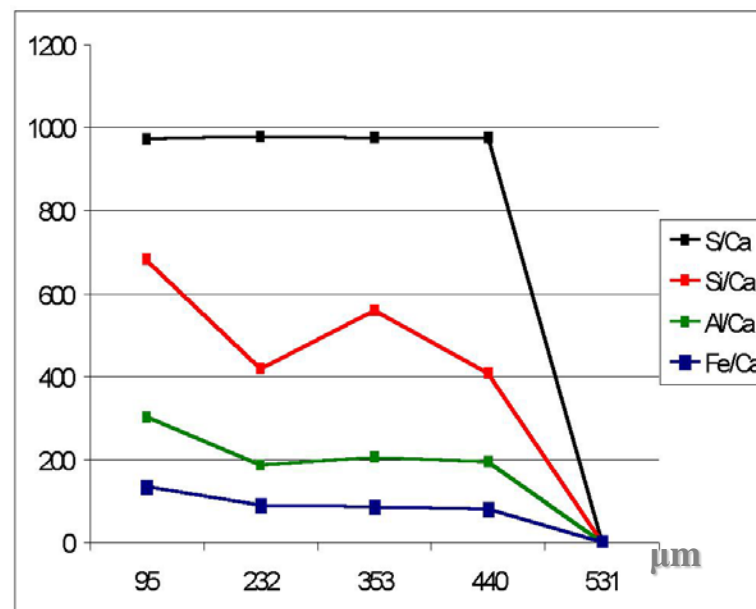
Рентгеноспектральный микронзондовый анализ

Задачи:

- Определение химического состава камня и продуктов его разрушения, расчет формул минералов;
- Выявление зерен дополнительных минеральных фаз



Зерна примесных минеральных фаз в мраморе из Карелии

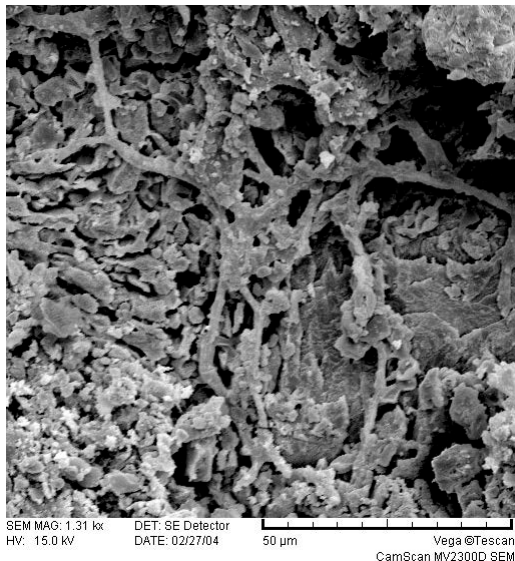


Изменение химического состава корки в направлении от поверхности монумента к материнской горной породе

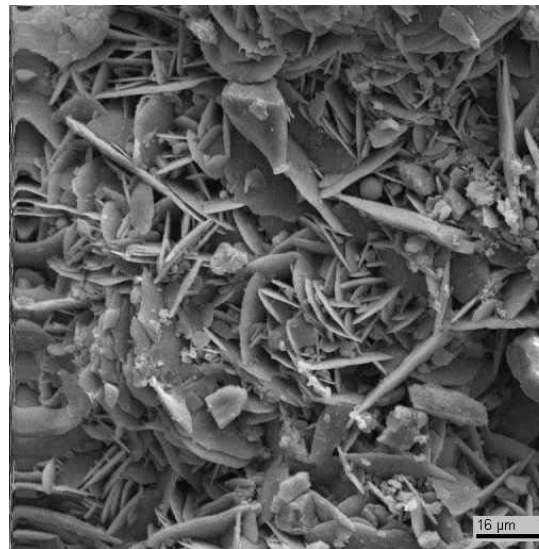
Сканирующая электронная микроскопия

Задачи:

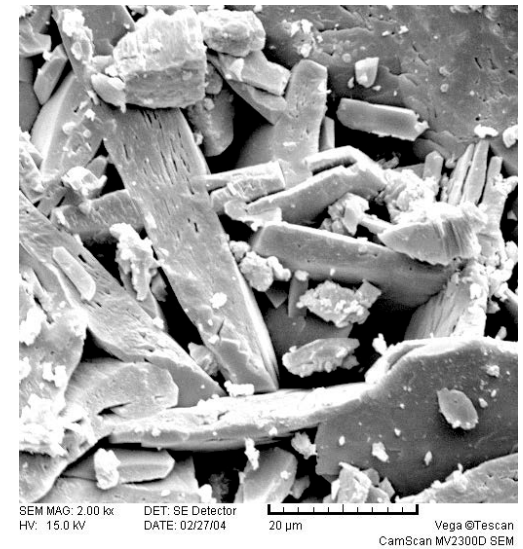
- выявление начальных стадии разрушения каменных материалов;
- изучение структуры поверхностных антропогенных отложений, в том числе биопленок.



Микробное сообщество



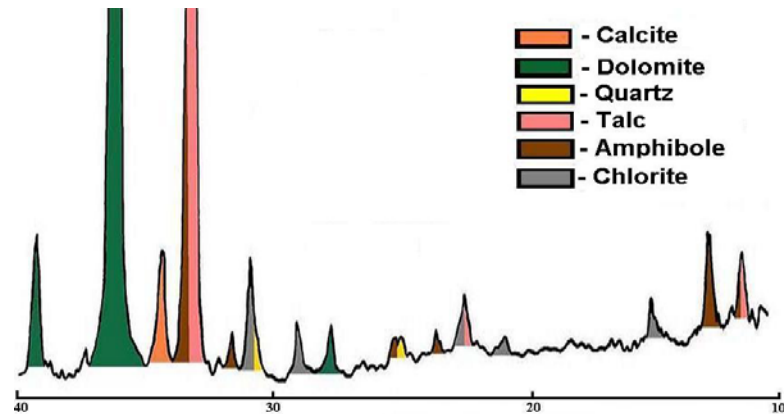
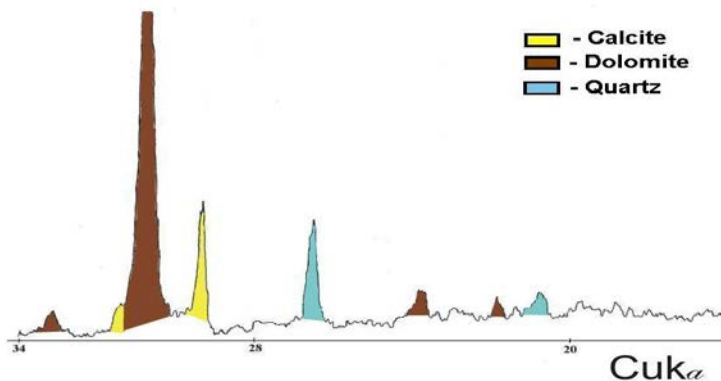
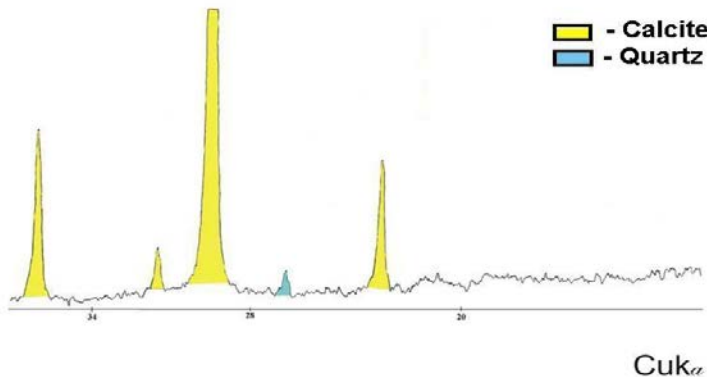
Кристаллы гипса



РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ

Задача:

Диагностика минерального состава каменного материала, продуктов его разрушения и материалов, появившихся на поверхности памятника в результате предшествующих реставрационных и консервационных работ.



Диагностика основных типов карбонатных пород на памятниках Санкт-Петербурга:

a – Итальянский и Уральский мрамора,

b – Рускеальский мрамор,

c – Тивдийский мрамор, Путиловский и Пудостский известняки.

Согласованность результатов рентгенофазового и петрографического анализов является надежной гарантией их достоверности и позволяет выявлять ошибки обоих методов

Комплекс биологических методов

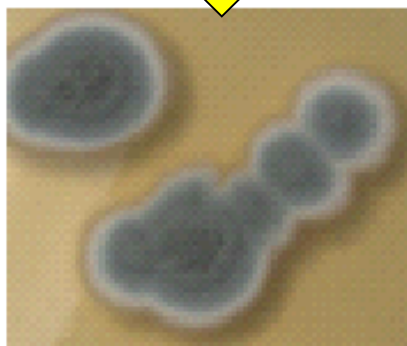
Задача:

➤ Определение видового состава микроорганизмов (грибов, водорослей, лишайников и мхов) на поверхности каменного субстрата.

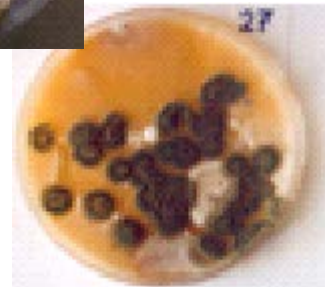
Метод отпечатков с поверхности на питательную среду (неповреждающий)



Изоляция и культивирование на искусственных питательных средах



Методы количественного учета микроорганизмов на каменистом субстрате



Анализ содержания спор в воздушной среде

