



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

**«Научный центр исследований
декоративного камня»**

(ООО «НЦ исследований камня»)

143405, г. Красногорск, ул. Центральная 18, пом.1

Тел.89037312257

E-mail: motnikolaj@yandex.ru

26 сентября 2024г. № 15

На № _____ от _____ 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «НЦ исследований камня»



Н.И.Моторный

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

(окончательное)

о физико-механических свойствах природного облицовочного камня
«Delicato Grey» из Омана с определением возможных областей его использования

ООО «НЦ исследований камня» на основании Договора № 2401 от «19» июня 2024 г. с ООО «САНТОРИНИ» была проведена оценка качества природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана.

Протоколом соглашения о договорной цене (Приложение №1 к Договору 2401) этапами 1 ÷ 4 предусмотрено:

1. Определение средней плотности, водопоглощения, предела прочности при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии, снижения прочности при водонасыщении, радиоактивности, декоративности, минералого-петрографических свойств, морозостойкости 50 циклов, кислотостойкости.

2. Анализ полученных данных и составление Предварительного технического заключения.

3. Определение морозостойкости 100, 150 циклов.

4. Анализ полученных данных и составление Окончательного технического заключения по физико-механическим свойствам и возможным областям использования природного камня.

Лабораторные испытания проводились по ГОСТ 30629-2011 «Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний».

Качество и возможные области применения природного камня «Delicato Grey» из Омана определялись на основе требований ГОСТ 9479-2011 «Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Технические требования», ГОСТ 30629-2011 «Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний», СП 15.13330.2020 «Свод правил. Каменные и армокаменные

конструкции», ТР 161-05 «Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем».

По данным минералого петрографических исследований природный облицовочный камень «Delicato Grey» из Омана относится к органогенно-обломочным известнякам повышенной степени мраморизации. Вредных примесей и неустойчивых минералов в камне не установлено.

Полученные в результате лабораторных испытаний показатели качества природного камня «Delicato Grey» из Омана имеют следующие значения (Таблица 1):

Таблица 1. Показатели качества камня «Delicato Grey» из Омана

№№ пп	Вид испытаний	Ед. из- мер.	Значения показателей			Норма по ГОСТ 9479-11	Соответствие ГОСТ 9479-11
			min	max	среднее		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Средняя плотность	ρ_o , кг/м ³	2607	2712	2656	≥ 2600	соответствует
2	Водопоглощение	$W_{\text{полг}}$, %	0,15	0,18	0,17	$\leq 0,75$	соответствует
3	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии	$R_{\text{сж}}$, МПа	105,31	138,49	115,6	≥ 50	соответствует
4	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии	$R_{\text{сж}}$, МПа	95,14	125,37	113,0	$\geq 80,93$	соответствует
5	Снижение прочности при сжатии после водонасыщения	$\Delta R_{\text{сж}}$, %			2,27	≤ 30	соответствует
6	Предел прочности при сжатии после 50 циклов мороза	$R_{\text{мпз}}^{50}$, МПа	86,27	121,69	103,75	$\geq 90,39$	соответствует
7	Снижение прочности при сжатии после 50 циклов мороза	$\Delta R_{\text{сж}}^{50}$, %			8,18	≤ 20	соответствует
8	Предел прочности при сжатии после 100 циклов мороза	$R_{\text{мпз}}^{100}$, МПа	98,08	106,92	102,81	$\geq 90,39$	соответствует
9	Снижение прочности при сжатии после 100 циклов мороза	$\Delta R_{\text{сж}}^{100}$, %			9,01	≤ 20	соответствует
10	Предел прочности при сжатии после 150 циклов мороза	$R_{\text{мпз}}^{150}$, МПа	77,41	114,03	100,62	$\geq 90,39$	соответствует
11	Снижение прочности при сжатии после 150 циклов мороза	$\Delta R_{\text{сж}}^{150}$, %			10,95	≤ 20	соответствует

12	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов	$A_{эфф}$, Бк/кг			57	≤ 370	соответствует
13	Кислотостойкость	Δm , %	0,026	0,045	0,037	≤ 1	соответствует
14	Стойкость к ударным воздействиям	$R_{удар}$, см	60	70	67,5	$\geq 50^1$	соответствует
15	Полируемость	Ед.шкалы	77	96	91	$> 80^2$	соответствует
16	Декоративность	баллы			30	$> 23^3$	соответствует
17	Наличие вредных примесей	%			нет	≤ 1	соответствует
18	Наличие неустойчивых минералов	%			нет	$\leq 0,1$	соответствует
19	Скорость ультразвукового импульса	УЗИ, м/сек	6337	6544	6434		не регламентируется

Примечания:

1. для значительной и весьма значительной интенсивности механического воздействия;
2. для 1 категории полируемости;
3. для декоративных разновидностей камня (II) категория.

На основании полученных показателей (см. Табл.1) делаются следующие выводы:

1. Природный облицовочный камень «Delicato Grey» из Омана по совокупности минералого-петрографических свойств относится к органогенно-обломочному мраморизованному известняку высокой степени мраморизации.

2. Природный облицовочный камень «Delicato Grey» из Омана отвечает требованиям действующего стандарта (ГОСТ 9479-2011, таблица 3), предъявляемым к горным породам по следующим показателям: средняя плотность, водопоглощение, предел прочности при сжатии в сухом состоянии, снижение прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, декоративность, радиоактивность, наличие вредных примесей, наличие неустойчивых материалов, кислотостойкость.

3. В соответствие с значениями параметра «стойкость к ударным воздействиям» изделия из природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана, при истираемости $\leq 0,5$ г/см², могут применяться для покрытия полов и лестниц общественных, административных, производственных зданий, метрополитенов и вокзалов, а также для плит мощения и мемориальных сооружений при значительной и весьма значительной интенсивности механического воздействия (ГОСТ 9479-2011, таблица 5).

4. В соответствие с параметром декоративность изделия из природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана, могут применяться во всех видах строительства без согласования с территориальными архитектурно-строительными органами (ГОСТ 9479-2011, п.п. 5.1.8).

5. Изделия из природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана могут использоваться в каменной облицовке во внутренних и наружных условиях, в том числе и в вентилируемых фасадах.

6. Природный облицовочный камень «Delicato Grey» из Омана имеет повышенные для этого класса камней значения скорости распространения ультразвукового импульса (УЗИ), что говорит о высоком качестве камня и стабильности прочностных свойств.

Эксперт,
горный инженер-геолог,
к. геол.-мин. н.



Н.И.Моторный

ОЦЕНКА ДЕКОРАТИВНОСТИ

природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана

Оценка декоративности камня проводилась по полированным плитам размером 200х300 мм с помощью блескомера IG – 330 (Sanwa Kenma Kogyo Co.,Ltd. Япония). Цветовой индекс образцов камня определялся по цветовым таблицам NCS 2 (Стокгольм, Швеция) Представленные образцы облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана имеют палевые тона окраски. Цветовой индекс камня по шкале NCS составляет: S 3010-Y20R -до 30%, S 2005-Y30R до 65%, S 1005-Y10R до 5%. Рисунок камня неконтрастно-пятнистый с элементами органогенного за счет редких крупных обломков строматоидей. Структура обломков органики преимущественно скрытозернистая. Цемент, и некоторые обломки органики раскристаллизованы до размера зерен кальцита в 1,2 мм. Просвечиваемость до 2 мм. Насыщенность цвета основного тона средняя (II категория признака декоративности), способность к полированию высокая (до 96 ед. шкалы блескомера, I категория). По цветовому предпочтению камень может быть отнесен к сравнительно редко встречающимся. К отрицательным признакам следует отнести слабую насыщенность основного тона, наличие контрастных пятен. Итоговая оценка природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана составляет 31 балл (Рис.1):

$$A_d = (5+4+4+4+3) \times 0,9 + (3+4+2) \times 0,9 + (5) \times 1,0 = 31 \text{ балл}$$

По декоративности природный облицовочный камень «Delicato Grey» из Омана относится к классу декоративных (свыше 23 баллов), и может использоваться в строительстве без согласования с территориальными архитектурно-строительными отделами.



Рис.1. Образец природного облицовочного камня известняк «Delicato Grey» из Омана.
Размер образца 600×250 мм

Эксперт:
горный инженер-геолог,
к. геол.-мин. наук

Н.И.Моторный

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана

Определение минералого-петрографических характеристик природного облицовочного камня «Delicato Grey» из Омана по образцам, представленным фирмой ООО «САНТОРИНИ», из карьера, расположенного в Омане, определялись по специально подготовленным прозрачным шлифам толщиной 0,03 мм под микроскопом ПОЛАМ Р-113 в поляризованном свете. Проведенными исследованиями установлено следующее:0

Природный облицовочный камень «Delicato Grey» из Омана состоит из окаменелых обломков сине-зеленых водорослей (до 35%), обломков окаменелых раковин тинтиннид (до 5%), обломков известковых водорослей (харофиты, до 3%), обломков строматоидей (до 3%), обломков губок (до 2%), обломков мшанок (до 1%) сцементированных перекристаллизованным карбонатом (кальцит, до 51%, Рис.2).

Обломки сине-зеленых водорослей обычно изометричные, либо слабо удлиненные, таблитчатой формы, размером до 0,12 мм (Рис. 3). Границы таких обломков скруглены, с заливами зерен перекристаллизованного кальцита. Раскристаллизация криптокристаллического карбоната (кальцит) таких зерен чаще происходит с краевых частей обломков. Встречаемость в камне обломков водорослей доходит до 35%.

Окаменелые раковины тинтиннид (одноклеточные животные, близкие к инфузориям) в продольном сечении имеют кувшиноподобную форму, замкнутую снизу и открытую в верхней части. Окаменелый известковый скелет имеет толщину около 0,1 мм, в продольном направлении раковины могут достигать 1,6 мм (Рис.4). Центральные части тинтиннид обычно выполнены перекристаллизованным кальцитом. На долю окаменелых раковин тинтиннид приходится около 5% объема горной породы.

Обломки известковых водорослей (харофиты) Эта группа высокоорганизованных водных водорослей имеет кустистое слоевище, по внешнему облику напоминающее хвощи. Многие из представителей харовых обизвествляют вегетативные части и органы размножения (ооспорангии), почему и сохраняются в ископаемом состоянии. Это мелкие многоклеточные кустики, сложенные «стержнями» или «стебельками», достигающими нескольких сантиметров в длину и разделенными узлами на междуузлия. Вегетативное размножение напоминает образование корневищ. Из нижних узлов отходят «побеги», которые, выпуская ризоиды, образуют новые «стебли». На ризоидах и нижних узлах могут образоваться «клубеньки» из разросшейся клетки, заполненной крахмалом (Рис.5). Эти «клубеньки» способны также давать новые «побеги». На долю окаменелых обломков харофит приходится до 3% объема исследуемой горной породы.

Обломки строматоидей. Строматопоры (строматоидеи) представляют одну из наиболее распространенных вымерших групп кишечнополостных. Наиболее древние представители строматопороидей известны в среднекембрийских отложениях. В ордовике, за исключением верхнего его отдела, они довольно редки, но в силуре и девоне пользуются широким развитием. В верхнем палеозое распространение их значительно сокращается; в мезозое наблюдается их расцвет и существенное обновление состава. В конце мела они вымирают. По внешней форме колонии строматопороидей весьма разнообразны: инкрустирующие (коркообразные), желвакообразные, сфероидальные, полусфероидальные, массивные, куполообразные, дискообразные. пластинчатые, конусовидные. цилиндрические, стебельчатые, дендроидальные. Размер колоний также самый различный. Некоторые из пластинчатых колоний достигают размеров до 2-3 м² при толщине 10—20 см. Стебельки строматопор при диаметре 1-3 мм могут

Рис.2. Камень «Delicato Grey» из Омана под микроскопом. Поле шлифа 5,4 мм, анализатор включен (+)

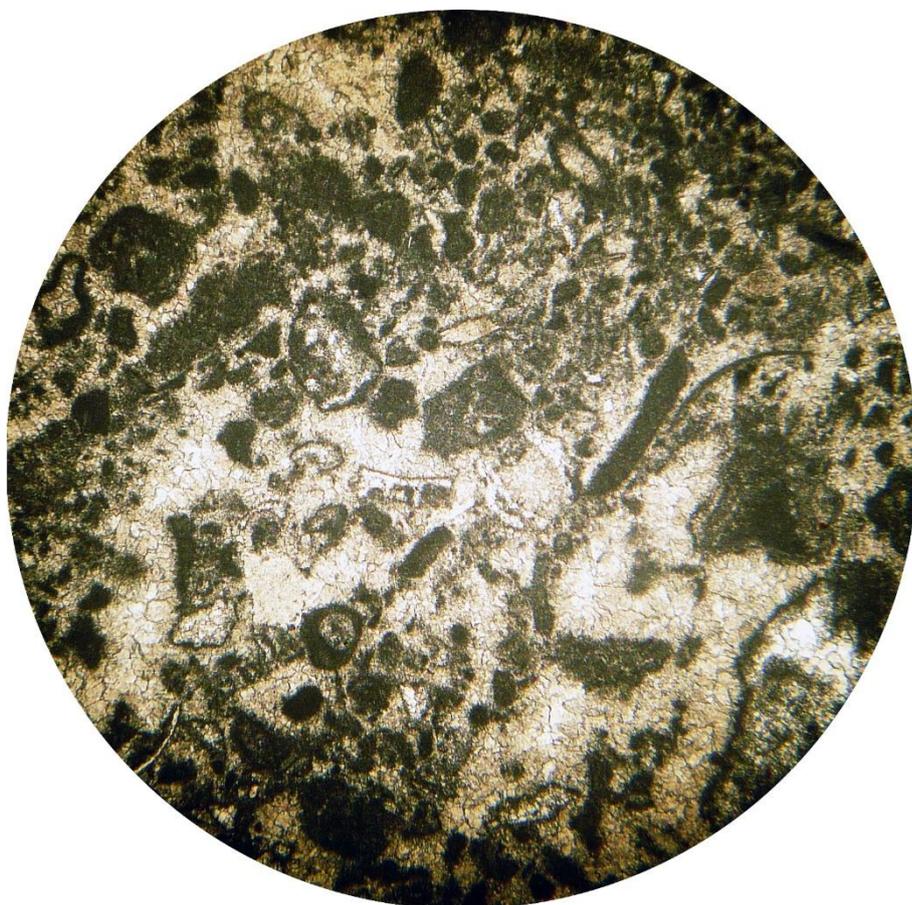


Рис.3. Окаменелые обломки сине-зеленых водорослей в камне «Delicato Grey» из Омана под микроскопом. Поле шлифа 1,8 мм, анализатор выключен (=)

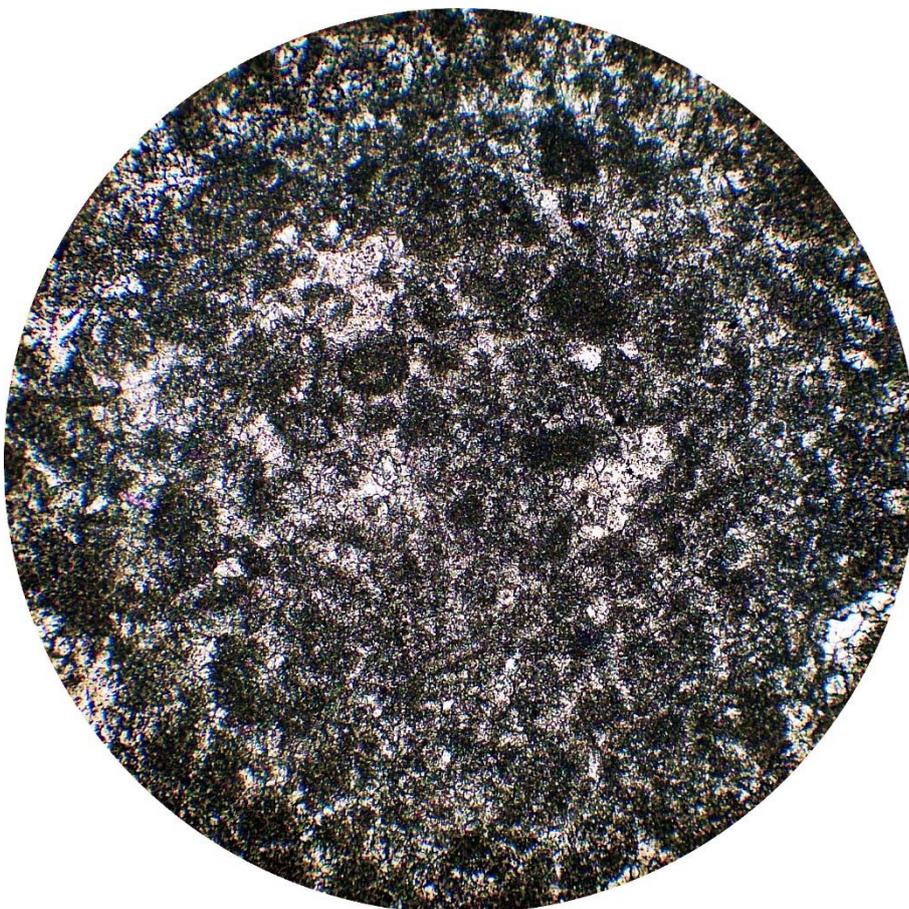


Рис.4. Обломки
окаменелых раковин
тинтиннид в камне
«Delicato Grey» из Омана
под микроскопом. Поле
шлифа 1,8 мм,
анализатор выключен (=)



Рис.5. Окаменелая
"клубенька" харофит
изометричной формы
на стебле (ризоиде) в
камне «Delicato Grey»
из Омана под
микроскопом. Поле
шлифа 1,7 мм,
анализатор выключен
(=)



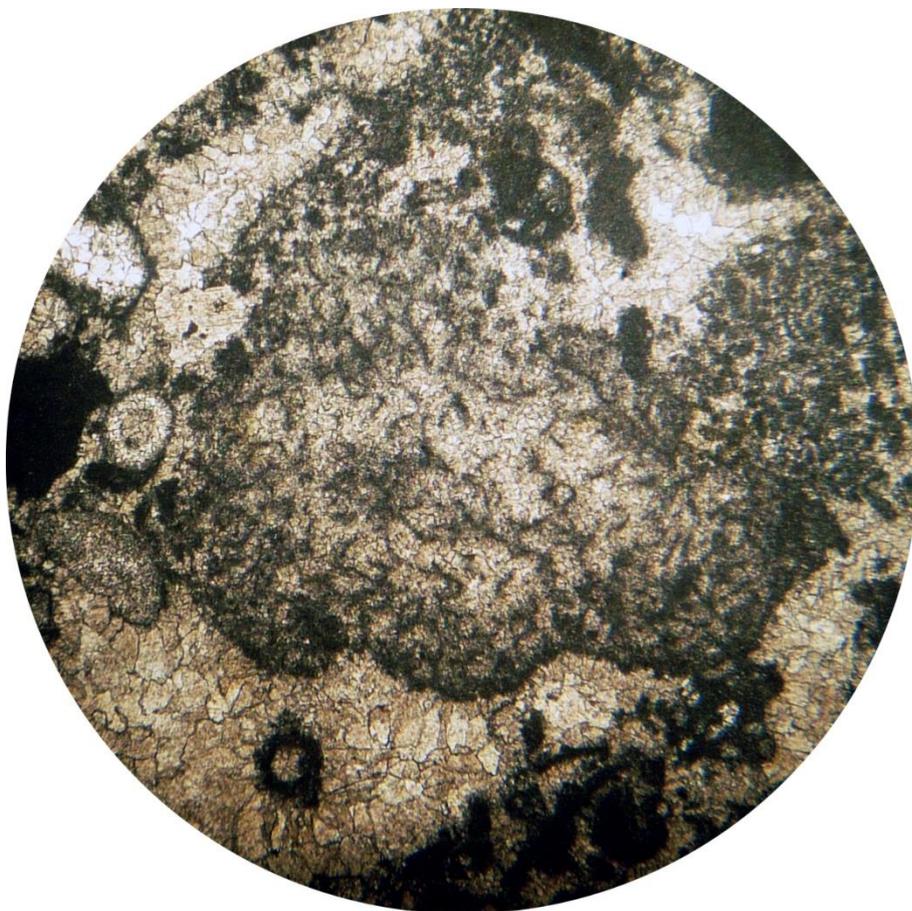
достигать длины до 10-13 мм. В исследуемом шлифе окаменелый обломок тонкой концентрической пластинки (ламинаы), имеет размеры до 3,8 мм. Строение ценостеума (скелета) обломка имеет специфическое секторальное строение (Рис. 6, род *Amphipora*, *Beatrigea* и *Cryptophraymus*).

Обломки губок имеют обычно неправильную, часто угловатую форму с сглаженными краями размером до 1,7 мм. Отчетливо просматривается внутреннее строение скелета, состоящего из спаянных вместе известковых спикул (называют обычно фибрами). В шлифе фибры образуют сотовидный рисунок (Рис.7). На долю таких обломков приходится до 2%.

Обломки мшанок. Мшанки представляют собой самостоятельный тип колониальных прикрепленных организмов, обитающих главным образом в морях и в значительно меньшем количестве в пресных водах. Колонии мшанок отличаются большим разнообразием размеров и формы. Структура стенок ячеек, слагающих колонии, у окаменелых обломков мшанок, установленных в исследуемом образце камня «Delicato Grey» под микроскопом ящикообразной формы с четырехугольным основанием, что позволяет отнести установленный вид к отряду *Cheilostomata*. Размер обломков не превышает 0,6 мм (Рис.8).

Окаменелые обломки органики в камне «Delicato Grey» из Омана сцементированы раскристаллизованным кальцитом, размер зерен которого доходит до 1,3 мм. Крупные органогенные обломки внутри иногда выполнены перекристаллизации кальцита, где размер зерен этого минерала может достигать 0,04 мм. На долю перекристаллизованного кальцита (степень мраморизации) приходится до 51%.

Рис.6. Окаменелые обломки пластин строматопор в камне «Delicato Grey» из Омана под микроскопом. Поле шлифа 4,5 мм, анализатор выключен (=)



Кальцит[CaCO₃] раскристаллизованный обычно образует неправильной формы зерна с извилистыми, либо спрямленными границами размером до 1,3 мм (Рис.9). Псевдоабсорбция выражена достаточно отчетливо, рельеф высокий, преломление высокое. В проходящем свете без анализатора бесцветен. Спайность выражена довольно отчетливо иногда в двух направлениях. Угол между плоскостями спайности 70-75°, полисинтетические двойники довольно часты (свидетельствует о достаточно высокой степени мраморизации). Погасание двойников относительно спайности под углом 43-54°. Двупреломление очень высокое, более 0,17, цвета интерференции перламутровые. В коноскопии минерал одноосный отрицательный. Контакты цемента и обломков в камне «Delicato Grey» из Омана заливчатые, в виде структур взаимного прорастания (Рис.10), что способствует повышению прочности при динамических нагрузках.

Рис.7. Окаменелые обломки губок в камне «Delicato Grey» из Омана под микроскопом. Поле шлифа 1,8 мм, анализатор выключен (=)

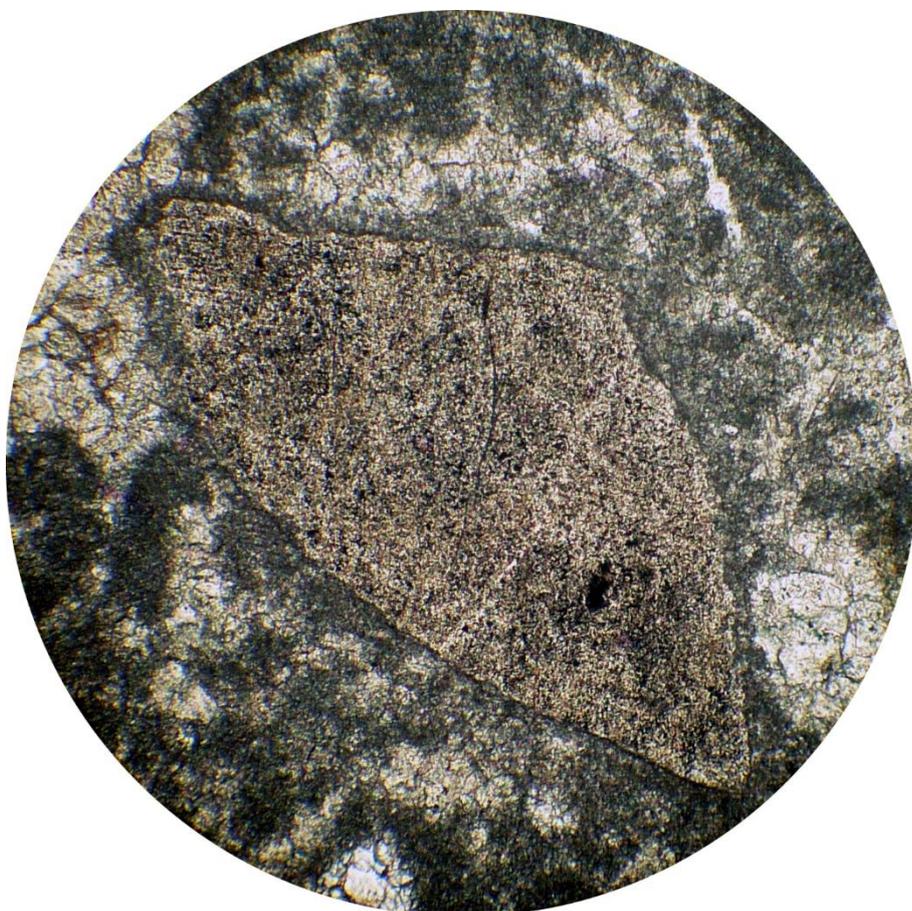


Рис.8. Окаменелый обломок мшанки с ящикообразной формы стенками ячеек в камне «Delicato Grey» из Омана под микроскопом. Поле шлифа 0,8 мм, анализатор выключен (=)

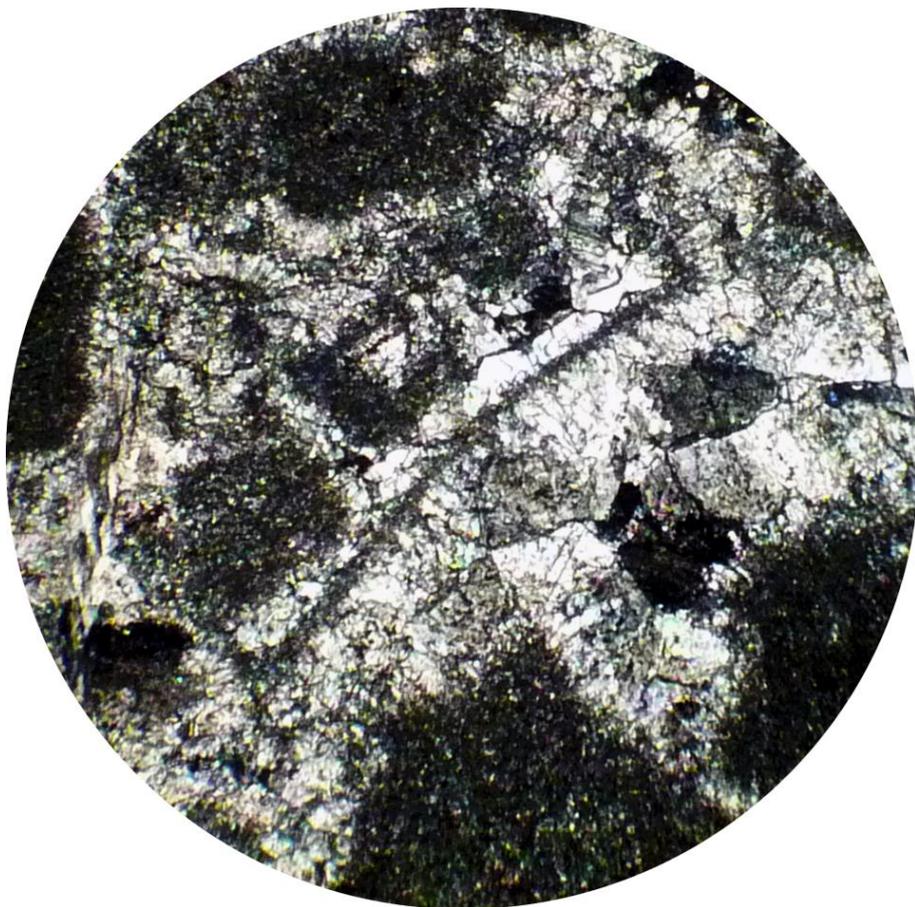


Рис.9. Зерна раскристаллизованного кальцита в камне «Delicato Grey» из Омана под микроскопом. Поле шлифа 1,8 мм, николи скрещены (+)

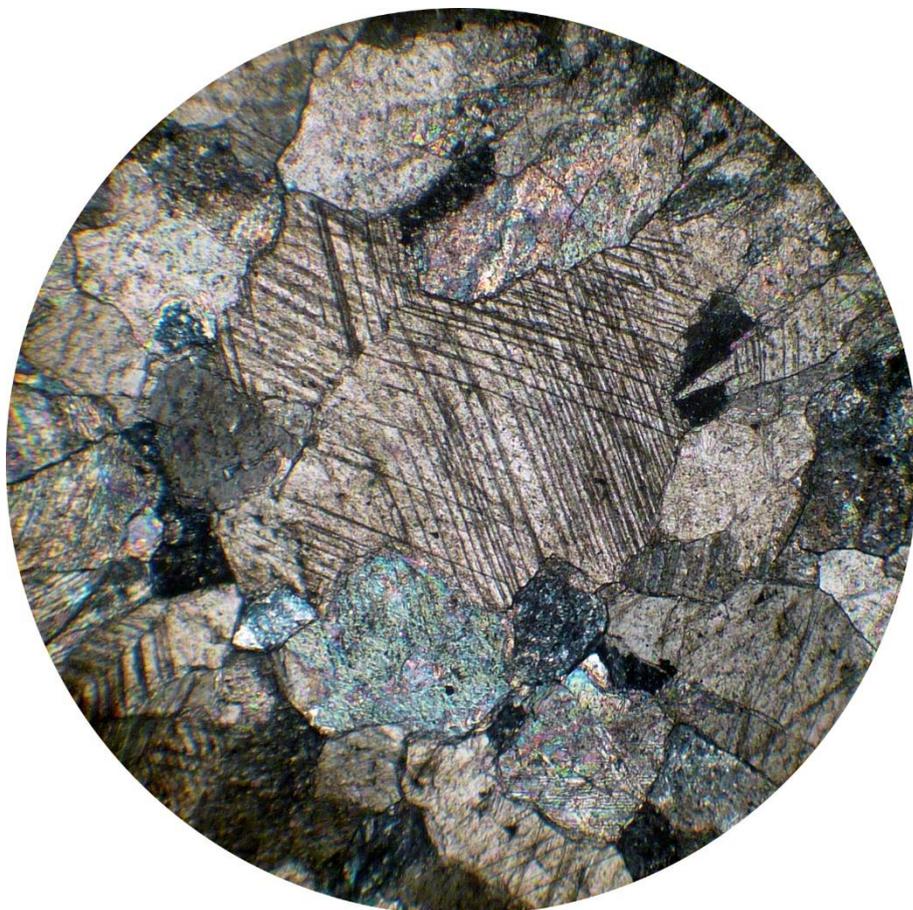
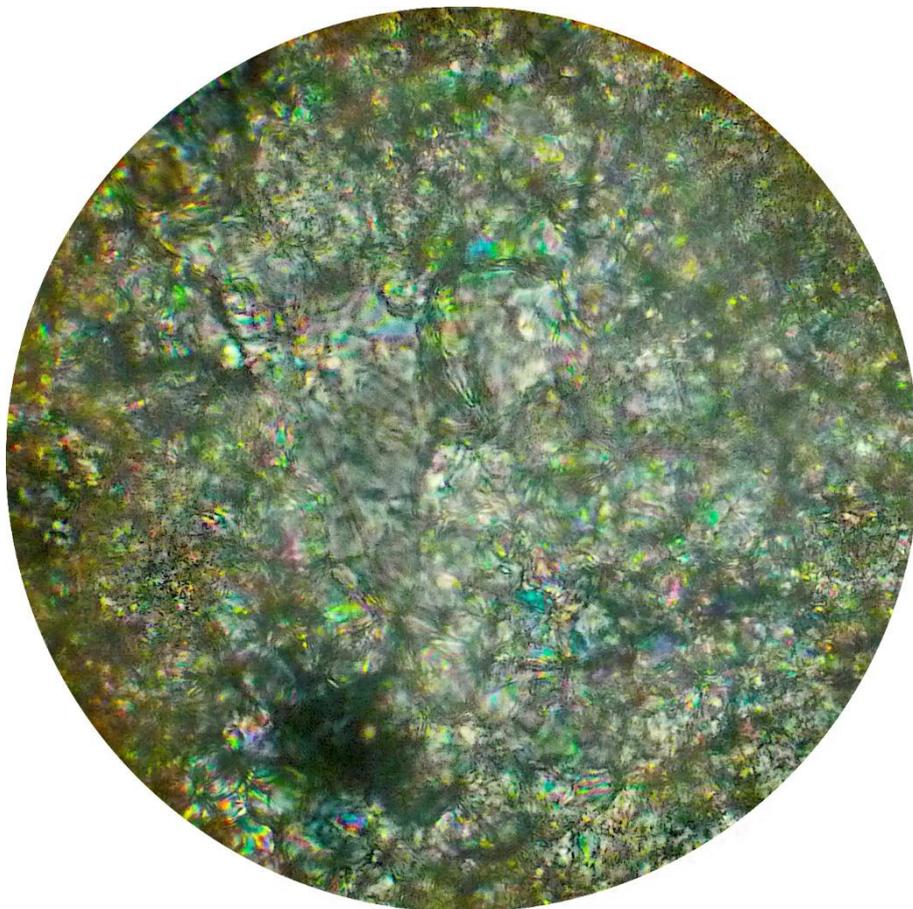


Рис.10. Контакты цемента и обломков в камне «Delicato Grey» из Омана в виде структур взаимного прорастания. Поле шлифа 0,25 мм, анализатор включен (+)



По совокупности петрографических свойств, природный облицовочный камень «Delicato Grey» по образцам, представленным фирмой ООО «САНТОРИНИ», из карьера, расположенного в Омане, относится к органогенно-обломочному известняку высокой степени мраморизации.

Эксперт:
горный инженер-геолог,
к. геол.-мин. наук

Н.И.Моторный