

УДК.679.8

**В. И. Сидорко**, докт. техн. наук.; **В. В. Пегловский**, канд. техн. наук.;  
**В. Н. Ляхов, Е. М. Поталыко**, инженеры

*Научно-технологический алмазный концерн «Алкон» НАН Украины, г. Киев*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ НА ИХ ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

*Strength properties of natural stones have been related to the concentration of calcium and magnesium oxides, etc. in their chemical compositions*

### **Введение**

При изготовлении декоративно-художественных изделий из камня [1], например, наборов письменных [2], часов [3], еще на стадии их проектирования необходимо определить основные показатели качества данных изделий [4]: трудоемкость, энергоемкость, материалоемкость и т. д.

Из имеющегося опыта изготовления таких изделий [5] известно, что показатели качества, например трудоемкость данных изделий, напрямую зависят от прочностных свойств природных камней, из которых они изготавливаются.

Так, например, трудоемкость изготовления шара из мягких видов камня составляет около двух часов [6], в то же время изготовления шара из кварцита, являющегося одной из деталей часов [3], примерно в десять раз выше. Очевидно, можно записать:

$$T_0 = (f\Pi),$$

где:  $T_0$  – трудоемкость обработки определенного вида природного камня;  $\Pi$  – фактор, учитывающий прочностные свойства природного камня.

Под прочностными свойствами нами понимается способность природного камня в определенных условиях и пределах воспринимать, не разрушаясь те или иные силовые воздействия [7].

Прочностные свойства природных камней можно охарактеризовать комплексом физико-механических показателей этих свойств:

$$\Pi_{On} = (f\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n, n),$$

где:  $\Pi_{On}$  – прочностные свойства, определенные с учетом комплекса различных физико-механических свойств;  $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ , – исследуемые свойства;  $n$  – количество исследуемых свойств природного камня,

В работе [8] было показано, что один из прочностных показателей свойств природных камней, а именно твердость по Моосу, существенно зависит от содержания в их химическом составе оксидов кремния, алюминия и железа. Так при увеличении содержания указанных компонентов твердость по Моосу возрастает.

Там же был сделан вывод о том, что и другие прочностные свойства могут зависеть от содержания исследованных компонентов, а также что эти свойства зависят и от других компонентов химического состава.

Поэтому исследование влияние компонентов химического состава на прочностные свойства природных камней является актуальной задачей камнеобрабатывающего производства.

Кроме уже рассмотренных компонентов в составе природных камней могут присутствовать и другие, например: оксиды кальция (CaO), магния (MgO), титана (TiO<sub>2</sub>), фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), марганца (MnO, MnO<sub>2</sub>), меди (CuO), оксиды калия (K<sub>2</sub>O), натрия (Na<sub>2</sub>O), а также карбонаты кальция (CaCO<sub>3</sub>), магния (MgCO<sub>3</sub>) и т. д.

Однако содержание оксидов титана и фосфора, как правило, не превышает 1 процента. Содержание оксидов меди и марганца отмечается лишь в некоторых редких видах камней, например малахите и родоните. Содержание оксидов калия и натрия присуще, например полевым шпатам, применение которых для указанных изделий ограничено.

Целью данной работы является исследование влияния содержания оксидов кальция и магния на основные прочностные свойства природных камней.

#### **Методика исследований**

При изготовлении декоративно-художественных изделий из природных камней [1] применяются полудрагоценные и декоративные виды таких камней [9].

Из этих видов камней выберем те, в химическом составе которых присутствуют оксиды кальция (CaO) и магния (MgO).

В качестве исследуемых прочностных свойств природных камней выберем твердость по Моосу, а также предел прочности при одноосном сжатии. Указанные прочностные свойства многими авторами приводятся в ряду основных прочностных свойств природных камней [10-12].

В таблице 1 представлены данные о химическом составе выбранных видов природных камней с отдельным выделением содержания оксидов кальция и магния (столбцы 3, 4).

Содержание оксида кальция в известных видах поделочных камней колеблется в пределах от 0 до 55 %, а оксида магния от 0 до 25 % [10-15].

Дальнейшие интервалы изменения содержания рассматриваемых компонентов не исследовались из-за отсутствия камней с большим содержанием таких компонентов.

Разбив интервалы изменения содержания оксидов кальция и магния на отрезки по 5-10 процентов, и выбрав в каждом из них по одному наименованию природного камня, исследуем их прочностные свойства. В таблице 1 (столбцы 3, 4) в скобках указаны порядковые номера каждого из выбранных материалов для определения влияния оксидов кальция и магния.

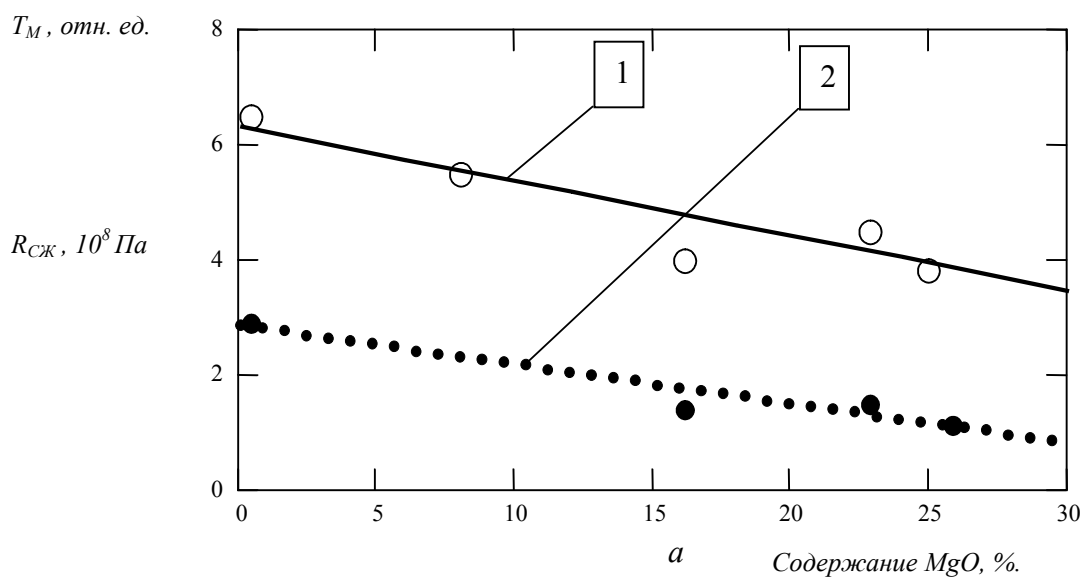
Таблица 1. Процентное содержание выбранных компонентов в химическом составе природных камней.

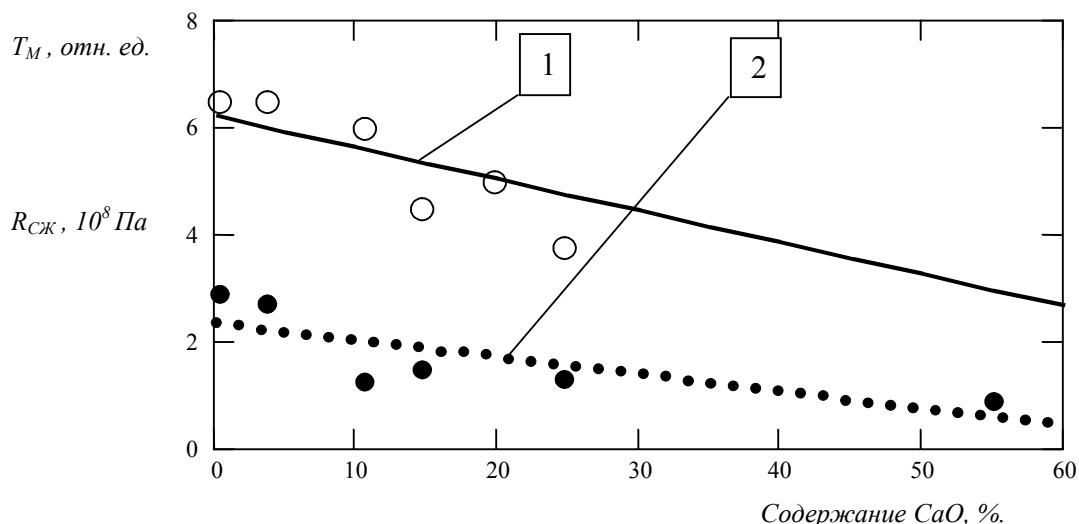
| № п./п. | Наименование, месторождение или торговая марка | CaO [ % ]   | MgO [ % ]   |
|---------|--|-------------|-------------|
| 1       | 2  | 3           | 4           |
| 1       | Кварцит. Шокшинский. Россия                    | 0,3<br>(1)  | 0,4         |
| 2       | Яшма Орская. Россия                            | 3,6<br>(2)  | 1,4<br>(1)  |
| 3       | Лабрадорит. Головинский. Украина               | 10,5<br>(3) | –           |
| 4       | Мрамор. TISD. Индия                            | 14,6<br>(4) | 22,8        |
| 5       | Лазурит. Россия                                | 19,6<br>(5) | 8,0<br>(2)  |
| 6       | Офиокальцит. Россия                            | 24,6<br>(6) | 20,4<br>(4) |
| 7       | Мрамор. Коелгинский. Россия                    | 55,4<br>(7) | –           |
| 8       | Лиственит. Россия                              | 6,8         | 25,8<br>(5) |
| 9       | Мрамор. Белогорский. Россия                    | 22,4        | 16,1<br>(3) |

### Полученные результаты

На рис. 1 показаны зависимости изменения твердости по Моосу и предела прочности при одноосном сжатии от содержания в химическом составе природного камня оксида кальция (а) и магния (б).

Эти зависимости аппроксимированы линейными функциями вида  $Y = \kappa X + b$  с использованием метода наименьших квадратов при помощи программного пакета «Mathcad 2000 Pro» [16].





б

Рис. 1. Зависимость твердости по Моосу (1) и предела прочности при сжатии (2) некоторых видов природных камней от наличия в их составе: а – оксидов кальция; б – оксидов магния.

Данные об исследуемых свойствах природных камней являются усредненными значениями, полученными из известных литературных материалов [10-15].

Рассматривая зависимости рис. 1 можно заметить, что при увеличении содержания оксидов кальция и магния в составе природных камней их твердость по Моосу и предел прочности при сжатии снижаются.

В таблице 2 приведены значения коэффициентов регрессий  $k$  и  $b$ , а также средние ошибки аппроксимаций  $\Delta$  для всех зависимостей.

Рассматривая таблицу 2 можно судить о сравнительном влиянии рассматриваемых компонентов химического состава природных камней на их прочностные свойства.

Таблица 2. Влияние исследуемых компонентов химического состава природных камней на их прочностные свойства.

| Компоненты химического состава | Коэффициенты регрессий, средняя точность | Твердость по Моосу $T_M$ | Предел прочности при сжатии $R_{CЖ}$ |
|--------------------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|
| Оксиды кальция (CaO)           | $k$                                      | -0,059                   | -0,032                               |
|                                | $b$                                      | 6,17                     | 2,34                                 |
|                                | $\Delta, \%$                             | 11,7                     | 19,5                                 |
| Оксиды магния (MgO)            | $k$                                      | -0,094                   | -0,068                               |
|                                | $b$                                      | 6,28                     | 2,82                                 |
|                                | $\Delta, \%$                             | 7,1                      | 10,9                                 |

При рассмотрении полученных результатов можно установить, что возрастание содержания исследуемых компонентов состава природных камней приводит к снижению прочностных свойств, в отличие от содержания оксидов кремния, алюминия и железа, повышающих прочностные свойства [8].

Влияние на прочностные свойства оксидов кальция и магния можно считать величинами одного порядка, причем влияние содержания рассматриваемых компонентов на твердость по Моосу сильнее, чем на прочность при сжатии.

Кроме того, влияние оксидов кальция и магния и ранее рассмотренных оксидов (кремния, алюминия и железа) на прочностные свойства сопоставимо.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований установлено:

1. На трудоемкость обработки природных камней оказывают влияние их прочностные свойства, которые зависят от вида и процентного содержания компонентов в их химическом составе,
2. Оксиды кальция и магния являются компонентами, снижающими прочностные свойства природных камней, в отличие от оксидов кремния, алюминия и железа, наличие которых в составе природных камней приводит к возрастанию этих свойств.
3. Влияние оксидов кальция, магния и ранее рассмотренных оксидов кремния, алюминия и железа на прочностные свойства природных камней можно считать величинами одного порядка.

### **Литература**

1. Изделия камнерезные ТУ У 26.7. – 23504418 – 001: 2007.
2. Патент 12743 Украина, МКПО 10 – 01. Набор письменный «Парус» / Сидорко В.И., Ляхов В.Н, Пегловский В.В., Поталько. Е.М.;НТАК «Алкон» НАН Украины – Заявл. 28.09.05; Опубли. 15.09.06, Бюл. № 9.
3. Патент 13676 Украина, МКПО 10 – 01. Часы / Сидорко В.И., Ляхов В.Н, Пегловский В.В., Поталько. Е.М.;НТАК «Алкон» НАН Украины. – Заявл. 27.10.05; Опубли. 15.03.07, Бюл. № 3
4. ДСТУ Б В.2.7-16–95. Строительные материалы. Материалы стеновые каменные. Номенклатура показаний качества.
5. Сидорко В. И., Ляхов В. Н., Пегловский В. В. Художественные изделия из природного камня «Алкон-сервиса» // Инструментальный світ. – К. Изд. ИПЦ «Алкон» НАН Украины, 2002. – 1. № 13, - С 21, 48.
6. Баранов П. Н. Геммология самоцветов. — Днепропетровск. Металл. 2002. — 208 с.
7. Г. Д. Лидин, Л. Д. Воронина, Д. Р. Каплунов. Горное дело. Терминологический словарь.– М. Недра. 1990. – 694 с.
8. Изучение влияния минералогических составляющих природного камня на его прочностные свойства / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. - Вып. 10. - Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. - 2007. - С. 482-487.
9. Постановление Кабинета Министров Украины «Про загальну класифікацію та оцінку вартости природного камення» от 27 июля 1994 года № 512.
10. Г.К. Митрофанов, И.А. Шпанов. Облицовочные и поделочные камни СССР.ГКГСА Госстроя СССР Недр.М-1970г.200с.
11. Индутная Т. В. Полудрагоценные камни // Метод. руководство по диагностике и экспертизе. – К.: ГГЦ МФУ, 1997.–43 с.
12. Добыча и обработка природного камня. Справочник / Под. ред. Смирнова. А.Г. – М. Недра, 1990. – 445 с.
13. Давыдченко А.Г. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. Вып. – 4. – Лазурит. / Под ред. Е.А. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. 1975 -50 с.
14. Григорович М.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 12. – Декоративно-облицовочные камни. / Под ред. Е.А. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1977 – 90 с.
15. Григорович М.Б., Шальных В.С. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 23. – Яшмы и роговики. / Под ред. Е.

- А. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1978 – 64 с.  
16. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro. – М.: АМК, 2001. – 571 с.

*Поступила 16.05.08*