

УДК 679.8; 621.923

**В. В. Пегловский**, канд. техн. наук

*ГП ИПЦ «Алкон» НАН Украины, г. Киев*

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПО ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

*В результате обобщения ранее проведенных исследований влияния прочностных свойств, химического состава и минералогических особенностей различных горных пород и минералов на трудоемкость и энергоемкость их обработки разработана классификация таких пород по группам обрабатываемости.*

*Ключевые слова: классификация, горные породы, обрабатываемость, алмазный инструмент, прочностные свойства, химический состав, минералогические особенности, трудоемкость и энергоемкость обработки.*

### **Введение**

В зависимости от специфики исследуемых свойств горных пород (ГП) и минералов их можно классифицировать различным образом по буримости, взрываемости, например, при разведке и добыче полезных ископаемых, по твердости, прочности или абразивности при исследовании различных физико-механических свойств, а также по некоторым технологическим показателям, например, полируемости или обрабатываемости [1].

При создании разных классификаций природных камней (ГП и минералов) их авторы, как правило, принимают во внимание 2-3, реже больше, характеристик породы или минералов.

Цель настоящего исследования на основе обобщения результатов ранее проведенных работ – создать комплексную классификацию горных пород и минералов, которая позволит применять одинаковые подходы при назначении технологических параметров алмазной обработки на разных технологических операциях и определении показателей качества изделий из камня для больших групп ГП различных наименований или торговых марок учитывающую различные стороны их свойств, состава и др. особенностей.

### **Методика исследований**

Большая часть ГП и минералов, используемых в промышленности, строительстве и при изготовлении изделий из них, проходит ряд технологических операций, например, резание, формообразование и придание их поверхностям необходимых свойств, каждой из которых соответствуют определенные технологические параметры, в т. ч. трудоемкость, энергоемкость и др.

В ранее опубликованных работах были представлены результаты исследований зависимости влияния химического и минералогического состава на прочностные свойства ГП [2, 3], исследований производительности, трудоемкости, потребляемой мощности и энергоемкости шлифования [4, 5], а также влияния на трудоемкость и энергоемкость обработки пород некоторых компонентов их химического состава и минералогических особенностей [6–8].

Для анализа были выбраны 30 видов ГП (мраморный оникс, Казахстан – 1; мраморы: Россия – 2, Италия – 3, Индия – 5, Гватемала – 8, Куба – 9; офиокальцит – 4, скарн – 6, листвинит – 7, родонит – 10, лазурит – 11 и серпентинит – 12, все Россия; габбро Торчинского месторождения – 13, джеспилит – 14, габбро Александровского – 15 и лабрадорит Головинского – 18 месторождений, все Украина; нефрит – 16, роговик – 17, жадеит – 19 и беломорит – 20, все Россия; обсидиан Армянский – 23; граниты: Софиевского – 21, Маславского – 22 и Межериченского – 24 месторождений, все Украина; яшма техническая – 25, и агаты – 28, 29, все Россия; окаменелое дерево – 26, кварцит – 27 и кварц – 30, все Украина).

В табл. 1 в натуральных значениях представлены сведения о химическом составе (содержании оксидов кремния –  $\text{SiO}_2$ , алюминия –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , железа –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , кальция –  $\text{CaO}$ , магния –  $\text{MgO}$  и пр. компонентов); физико-механических свойствах (твердости по Моосу –  $T_M$ , и Викерсу –  $H$ , пределу прочности при сжатии –  $R_{ст}$  и плотности –  $\rho_0$ ; минералогических особенностей породы (твердости по Викерсу основного породообразующего минерала –  $H_{ПМ}$ , среднего размера частиц минеральных индивидов –  $h$ , структуры породы –  $c$ ), а также технологическими параметрами обработки относительной трудоемкостью –  $t$  и энергоемкостью –  $e$  обработки [2–8].

Таблица 1. Состав, свойства, минералогические особенности и технологические параметры обработки горных пород

№ п/п	Химический состав, %						Физико-механические свойства				Минералогические особенности			Технологические параметры обработки	
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	Прочие	$T_M$ , от. ед.	$H$ , ГПа	$R_{ст}$ , КПа	$\rho_0$ , г/см <sup>3</sup>	$H_{ПМ}$ , ГПа	$h$ , мм	$c$ , от. ед.	$t$ от. ед.	$e$ от. ед.
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$y_1$	$y_2$
1	-	-	-	56,0	-	44,0	3,25	1,98	80	2,69	1,6	1,0	1	1	1
2	0,14	0,22	0,06	55,35	0,08	44,15	3,5	2,3	95	2,73	1,6	1,0	1	1,63	1,16
3	8,09	0,46	0,3	49,28	0,72	41,15	3,5	2,3	96	2,7	1,6	1,0	1	1,3	1,16
4	18,4	4,1	0,9	24,6	20,4	31,6	4,0	2,38	100	2,69	1,6	1,0	1	4,44	1,17
5	21,8	0,7	9,2	13,1	17,2	38,0	4,0	2,76	134	2,74	1,6	1,0	1	6,12	1,2
6	23,2	3,5	17,0	7,6	21,6	27,1	5,5	2,76	150	2,63	5,0	1,0	1	40,9	1,36
7	25,4	0,9	3,68	6,98	25,84	37,2	4,0	2,76	140	2,93	1,6	1,0	1	12,3	1,13
8	26,48	-	0,54	22,38	16,06	34,54	4,0	2,76	134	2,72	1,6	1,0	1	7,34	1,2
9	28,7	1,0	13,3	14,6	22,8	19,6	4,0	3,36	134	2,65	1,6	1,0	1	6,97	1,2
10	39,3	16,7	0,8	1,9	21,8	19,5	5,5	5,03	150	3,57	5,0	1,0	1	27,8	1,36
11	43,6	20,1	0,4	19,6	8,0	51,9	5,0	6,74	150	2,56	5,0	1,0	1	12,2	1,2
12	44,0	25,0	5,0	1,0	14,0	11,0	4,5	4,5	170	2,63	5,0	1,0	2	8,33	1,34
13	45,43	17,32	10,87	11,62	8,37	6,39	6,0	7,74	191	2,96	8,0	10,0	1	11,2	1,37
14	47,0	2,5	50,0	-	-	0,5	6,5	8,85	300	3,37	8,0	1,0	1	251	1,83
15	49,14	16,77	9,57	11,19	6,7	6,63	6,0	7,74	191	3,1	8,0	10,0	1	52,1	1,37
16	51,4	5,7	1,8	6,8	21,6	12,7	6,0	5,74	300	3	8,0	0,1	2	32	1,75
17	52,8	11,7	10,3	6,8	6,0	12,4	6,0	6,72	200	2,87	8,0	0,1	1	99,8	1,42
18	53,55	26,24	5,05	10,5	-	4,66	6,0	7,57	178	2,78	8,0	5,0	1	48,1	1,37
19	56,8	28,0	2,1	5,6	1,4	6,1	6,5	7,63	300	3,28	8,0	0,5	2	100	1,92
20	66,0	24,3	0,2	1,9	1,4	6,2	6,0	7,43	178	2,7	8,0	10,0	1	48,1	1,29
21	71,36	11,96	4,88	2,56	0,58	8,66	6,25	8,8	195	2,7	8,0	10,0	1	103	1,76
22	71,84	14,59	2,46	1,67	0,63	8,81	6,25	8,8	195	2,72	8,0	10,0	1	112	1,76
23	74,1	17,4	0,3	1,4	1,0	5,8	5,5	6,26	65	2,32	8,0	100,0	1	185	1,28
24	74,53	13,83	1,46	1,25	0,4	8,53	6,25	8,8	195	2,6	8,0	10,0	1	210	1,76
25	79,8	12,4	2,1	0,8	0,4	4,5	6,25	9,48	220	2,65	12,0	0,1	1	148	1,71
26	87,5	4,6	1,4	1,9	5,4	0,2	6,5	6,58	300	2,61	12,0	0,01	2	761	2
27	94,46	2,85	0,74	0,37	0,32	1,26	6,5	8,98	300	2,66	12,0	1,0	1	494	1,57
28	95	2,0		2,0	1,0	-	7,0	8,12	330	2,63	12,0	0,01	2	920	1,99
29	91,8	2,8	0,4	1,1	1,6	2,3	7,0	11,57	330	2,59	12,0	0,01	2	830	1,86
30	100,0	-	-	-	-	-	7,0	10,12	330	2,64	12,0	0,1	1	377	1,75

Выбранные виды ГП находятся в числе тех, которые наиболее широко используются для производства строительно-интерьерных, производственно-технических и декоративно-художественных изделий [9, 10].

### Результаты

Под обрабатываемостью (коэффициентом обрабатываемости) ГП – (В) будем подразумевать комплексную величину, представляющую собой произведение относительных значений трудоемкости и энергоемкости обработки  $B = t \cdot e$ .

На рис. 1–3 показано влияние каждого отдельно рассматриваемого фактора, связанного с химическим составом горной породы ( $x_0-x_5$  – рис. 1), физико-механическими свойствами ( $x_6-x_9$  – рис. 2) и минералогическими особенностями ( $x_{10}-x_{12}$  – рис. 3) на обрабатываемость в кодированных значениях, полученных известными методами [11, 12] и аппроксимированных линейно  $B_i = k_i x_i + b_i$ , где  $k_i$  и  $b_i$  – коэффициенты регрессии.

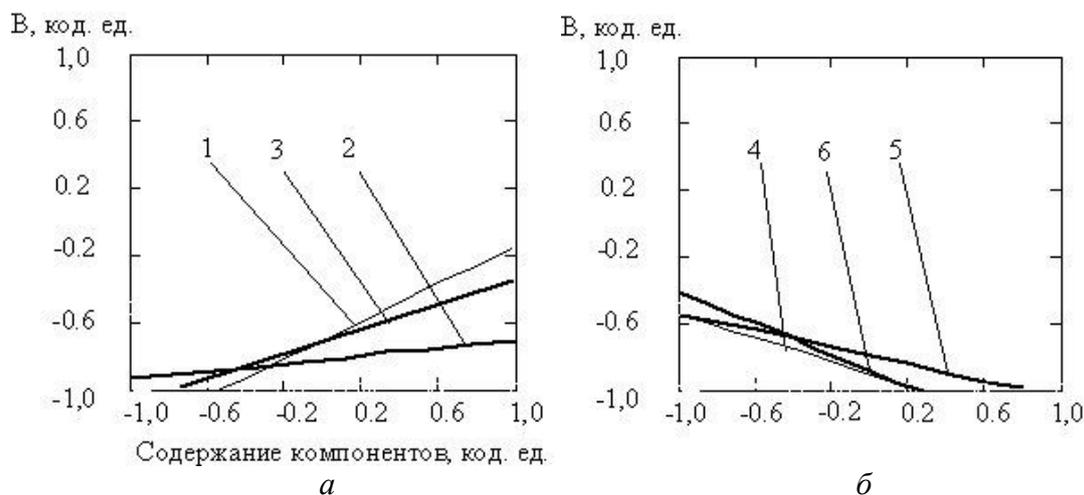


Рис. 1. Зависимость коэффициента обрабатываемости (В) ГП от содержания в ее химическом составе: а – оксидов кремния (1), алюминия (2) и железа (3); б – оксидов кальция (4), магния (5) и пр. компонентов (6)

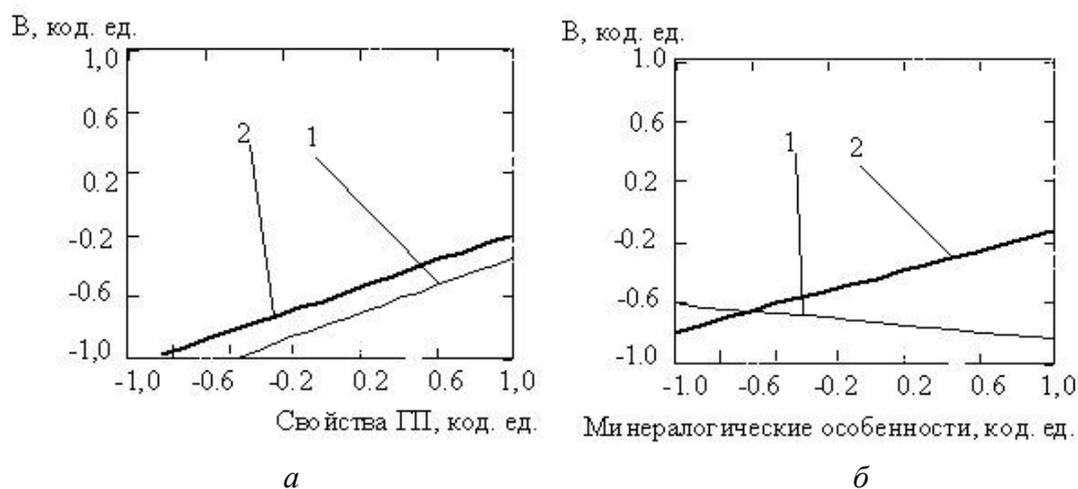


Рис. 2. Зависимость коэффициента обрабатываемости (В) ГП от физико-механических свойств: а – твердости по шкале Мооса (1) и твердости по Викерсу (2); б – предела прочности при одноосном сжатии (3), средней плотности ГП (4)

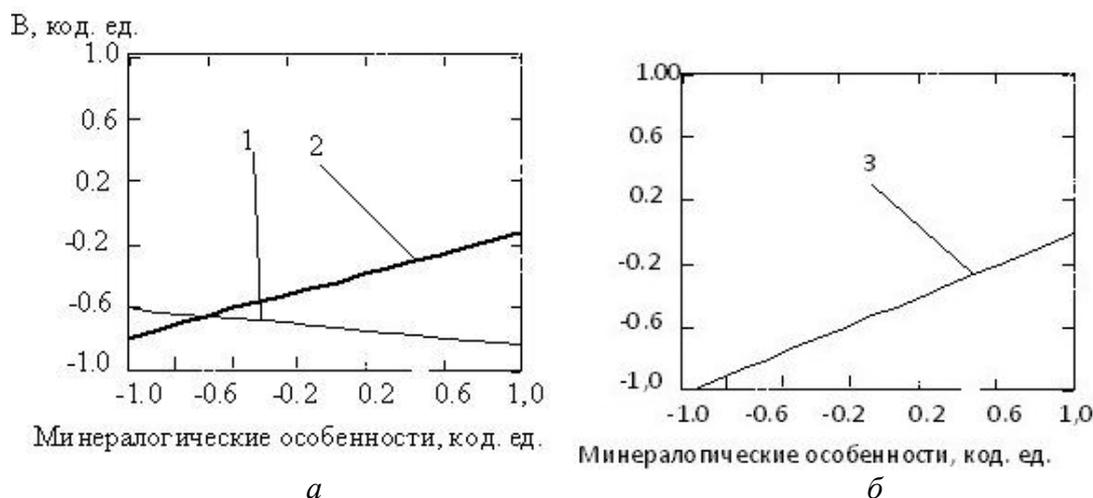


Рис. 3. Зависимость коэффициента обрабатываемости ( $B$ ) ГП от минералогических особенностей: а – наибольшего размера зерен минерального конгломерата (1), структуры горной породы (2); б – микротвердости по Викерсу основного породообразующего минерала (3)

Из рис. 1 и анализа коэффициентов регрессии  $k_i$  следует, что коэффициент обрабатываемости ( $B$ ) растет при увеличении содержания оксидов кремния, алюминия и железа и уменьшается при росте содержания оксидов кальция, магния и пр. компонентов. При анализе этого влияния из всех камней, представленных в табл. 1 выбирали такие их виды, в которых содержание каждого из компонентов возросло (или уменьшалось) ориентировочно через равные интервалы – 5-10 %.

Из рис. 2 можно сделать выводы, что коэффициент обрабатываемости ( $B$ ) растет при увеличении твердости по шкале Мооса, и Викерса, а также предела прочности при одноосном сжатии и практически не зависит от плотности.

Из рис. 3 следует, что величина ( $B$ ) растет, когда ГП имеет волокнистую структуру, при уменьшении размеров зерен и увеличении микротвердости по Викерсу основного породообразующего минерала.

Таким образом, установлено влияние каждого из факторов на коэффициент обрабатываемости ГП, однако средняя погрешность этих зависимостей достаточно высока и составляет 47 %, поэтому аналитическую модель разрабатывали с учетом общего влияния всех факторов ( $x_0-x_{12}$ ).

Рассмотрим первую группу факторов, связанных с особенностью химического состава ГП. Как показано ранее (рис. 1) увеличение содержания окислов кремния, алюминия и железа приводит к росту коэффициента обрабатываемости, потому обобщенный фактор ( $X_0$ ), характеризующий химический состав ГП будет учитывать суммарное содержание этих компонентов:

$$X_0 = SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$$

Обобщенный фактор ( $X_1$ ), характеризующий физико-механические свойства ГП запишем в виде:  $X_1 = T_M H \cdot R_c \cdot \rho_0$ , а обобщенный фактор ( $X_2$ ), характеризующий

минералогические особенности ГП может быть записан в виде:  $X_2 = \frac{c \cdot H_M}{h}$  Факторы, рост

которых приводит к росту значений ( $B$ ) расположены в числителе.

С учетом изложенного модель исследуемого процесса можно представить в виде системы нелинейных алгебраических уравнений (СНАУ), два первых и два последних члена которой в общем виде можно представить так, как показано в табл. 2, причем в модели учтены попарные взаимные влияния факторов.

Таблица 2. СНАУ в общем виде

1, 2, 29 и 30 уравнения СНАУ
$A_{00} \cdot X_0 + A_{10} \cdot X_1 + A_{20} \cdot X_2 + A_{30} \cdot X_0 \cdot X_1 + A_{40} \cdot X_0 \cdot X_2 + A_{50} \cdot X_1 \cdot X_2 = B_0$
$A_{01} \cdot X_0 + A_{11} \cdot X_1 + A_{21} \cdot X_2 + A_{31} \cdot X_0 \cdot X_1 + A_{41} \cdot X_0 \cdot X_2 + A_{51} \cdot X_1 \cdot X_2 = B_1$
$A_{028} \cdot X_0 + A_{128} \cdot X_1 + A_{228} \cdot X_2 + A_{328} \cdot X_0 \cdot X_1 + A_{428} \cdot X_0 \cdot X_2 + A_{528} \cdot X_1 \cdot X_2 = B_{28}$
$A_{029} \cdot X_0 + A_{129} \cdot X_1 + A_{229} \cdot X_2 + A_{329} \cdot X_0 \cdot X_1 + A_{429} \cdot X_0 \cdot X_2 + A_{529} \cdot X_1 \cdot X_2 = B_{29}$

Эту систему СНАУ можно преобразовать в систему линейных уравнений СЛАУ известными методами [11, 12], а именно получив соответствующие векторы  $a_3 = X_0 X_1$ ,  $a_4 = X_0 X_2$  и  $a_5 = X_1 X_2$ . В табл. 3 представлена матрица СЛАУ в кодированных значениях, полученная путем такого преобразования.

Таблица 3. Преобразованная матрица значений коэффициентов СЛАУ в кодированных значениях

Матрица кодированных значений коэффициентов СЛАУ							
		0	1	2	3	4	5
	0	-1	1	1	-1	-1	1
	1	-0.992	-0.979	-0.999	1	1	0.976
	2	-0.823	-0.98	-0.999	0.834	-0.821	0.977
	3	-0.532	-0.968	-0.999	0.537	0.538	0.964
	4	-0.366	-0.93	-0.999	0.36	0.372	0.923
	5	-0.126	-0.88	-0.996	0.127	0.13	0.865
	6	-0.4	-0.908	-0.999	0.383	0.406	0.899
	7	-0.46	-0.922	-0.999	0.445	0.467	0.914
	8	-0.14	-0.899	-0.999	0.143	0.145	0.889
	9	0.136	-0.802	-0.996	-0.068	-0.131	0.585
	10	0.282	-0.639	-0.996	-0.168	-0.278	0.605
	11	0.48	-0.772	-0.992	-0.362	-0.474	0.746
	12	0.472	-0.264	-0.999	-0.112	-0.47	0.2
	13	0.99	0.847	-0.993	0.866	-0.983	-1
augment(X0, X1, X2, a3, a4, a5) =	14	0.51	-0.229	-0.999	-0.104	-0.507	0.162
	15	0.178	-0.027	-0.987	-9.833·10 <sup>-3</sup>	-0.172	-0.057
	16	0.496	-0.355	-0.993	-0.164	-0.491	0.297
	17	0.697	-0.376	-0.999	-0.251	-0.695	0.322
	18	0.738	0.548	-0.987	0.425	-0.727	-0.674
	19	0.81	-0.408	-0.999	-0.32	-0.808	0.357
	20	0.764	-0.19	-0.999	-0.132	-0.762	0.12
	21	0.778	-0.182	-0.999	-0.129	-0.776	0.111
	22	0.836	-0.889	-1	-0.739	-0.835	0.879
	23	0.796	-0.216	-0.999	-0.16	-0.794	0.148
	24	0.889	-0.018	-0.9	-1.522·10 <sup>-3</sup>	-0.799	-0.069
	25	0.87	-0.053	1	-0.032	0.878	-0.144
	26	0.961	0.335	-0.99	0.352	-0.951	-0.447
	27	0.94	0.417	1	0.412	0.919	0.367
	28	0.9	1	1	0.928	0.909	1
	29	1	0.777	-0.9	0.803	-0.9	-0.846

В табл. 4 приведены решения этой переопределенной СЛАУ, методами наименьших квадратов (МНК) и Гауса (МГ) [11, 12].

Таблица 4. Решения СЛАУ в кодированном виде полученные с использованием разных методов

МНК	МГ
$X1 := \begin{pmatrix} 0.241 \\ -0.626 \\ 0.99 \\ 0.316 \\ -0.041 \\ -0.624 \end{pmatrix}$	$X2 := \begin{pmatrix} 0.241 \\ -0.625 \\ 0.989 \\ 0.315 \\ -0.039 \\ -0.625 \end{pmatrix}$

Зависимость коэффициента обрабатываемости от химического состава, физико-механических свойств и минералогических особенностей ГП, а также попарных взаимных их влияний в кодированных значениях можно представить в виде (1).

$$X0 \cdot 0.241 - X1 \cdot 0.626 + X2 \cdot 0.99 + X0 \cdot X1 \cdot 0.316 - X0 \cdot X2 \cdot 0.041 - X1 \cdot X2 \cdot 0.642 = B \quad (1)$$

Анализируя выражение 1 можно прийти к выводу, что взаимное влияние химического и минералогического состава на порядок меньше, чем других рассматриваемых факторов, которые являются величинами одного порядка.

Средняя ошибка расчетных и экспериментальных значений, которые получены для модели, с использованием СНАУ для МНК и МГ близка и составляет в около 15 %, что свидетельствует об ее адекватности.

В табл. 5 систематизированы данные [2-7], позволяющие отнести ГП к определенной группе обрабатываемости в зависимости химического состава, прочностных свойств и технологических показателей.

Таблица 5. Оценка обрабатываемости ГП по особенностям их химического состава, прочностным свойствам и технологическим параметрам обработки

Особенности химического состава	Прочностные свойства			Технологические показатели		Группа
	$T_M$ от. ед.	$R_{сж}$ МПа	$H$ ГПа	$e$ от. ед.	$t$ от. ед.	
Суммарное содержание, % $\Sigma SiO_2; (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3)$						
До 20 (25)	3,0–4,0	80–150	1,6–4,5	1,1–1,4	1–5	1
20–40 (25–50)					5–20	2
40–60 (50–90)	4,0–6,0	150–300	4,5–7,0	1,3–1,7	20–150	3
	6,0–7,0		7,0–11,0		150–600	4
Св. 80 (90)		Св. 300		1,7–2,0	600–1000	5

В табл. 6 приведены наиболее известные виды ГП, относящихся к разным группам обрабатываемости.

Таблица 6. Виды природных камней в соответствии с их принадлежностью к различным группам обрабатываемости

Группа, (знач. В)	Вид камня. Происхождение, месторождение или торговая марка
1 (1,0–6,0)	<p><b>Декоративные:</b> все виды мрамора с суммарным содержанием (<math>SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3</math>) менее 25 % (Например: Камянский. – Украина; Коелгинский. – Россия; Каррара «В», «D» – Италия), а также другие виды мрамора различных месторождений и торговых марок разных стран, травертин, туф, известняк.</p> <p><b>Полудрагоценные:</b> мраморные ониксы (медовый, зеленый и др.) всех видов (Например: Карлюкский – Казахстан, «Ladi Onyx» – Индия), а также ониксы различных месторождений и торговых марок из других стран (Ирана, Ирака, Пакистана и др.), офиокальцит (Черешковское – Россия), флюорит (Чибаргатское – Узбекистан)</p>

2 (6,0–25,0)	<p><b>Декоративные:</b> все виды мрамора с суммарным содержанием (<math>\text{SiO}_2</math>, <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>, <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>) более 25 % (Например: Белогорский – Россия; «Verde Antiquo» – Индия; «Rosso Alisanto» – Испания; «Imperador» – Турция), а также другие виды мрамора различных месторождений, торговых марок и стран (Гватемала, Куба, Китай и др.), брекчия.</p> <p><b>Полудрагоценные:</b> серпентинит (Чусовской), лиственит (Березовский), лазурит (Карнасуртовский) – все Россия, малахит (Россия, Заир)</p>
3 (25,0–125)	<p><b>Декоративные:</b> все виды лабрадоритов (Например: Головинский, Турчинский и др. – Украина; беломорит – Россия; «Blue Pearl», «Emerald Pearl» и др. – Норвегия); все виды габбро (Например: Слипчинское, Александровское и др. – Украина; Баженовское, Шавасайское – Россия).</p> <p><b>Полудрагоценные:</b> родонит (Узбекистан, Россия), нефрит (Китай, Индия, Россия и др.), амазонит (Гора Плоская), скарн (Дальневосточный), чароит (Мурунской) все Россия</p>
4 (125–650)	<p><b>Декоративные:</b> граниты всех видов (Например: Софиевский, Маславский и др. – Украина; Суховязовский, Каштакский и др. – Россия; «Amadeus» Финляндия; Куртинский – Казахстан) а также другие виды гранитов различных месторождений, торговых марок и стран.</p> <p><b>Полудрагоценные:</b> жадеит (Китай, Индия, Россия и др.), обсидиан (Грузия, Азербайджан и др.), плотный базальт (различных стран), джеспилит (Украина, Россия) тигровый и соколиный глаз, гранат-хлоритовые породы, роговики, порфиры, техническая яшма</p>
5 (650–1800)	<p><b>Полудрагоценные:</b> большинство яшм (Например: Маломуйнаковская, Орская и др. – Россия); кварц (морион, цитрин, розовый льдистый и др. – Украина, Россия); кварциты (Овручский – Украина, Шокшинский – Россия); окаменелое дерево (Львовское – Украина); агат, агат-переливт, кахолонг разных месторождений, халцедон (Казахстан, Россия), кремьень (Россия, Украина)</p>

### Выводы

На основании изложенного, обобщив приведенные данные, можно провести комплексную оценку обрабатываемости ГП разных видов, условно объединив их в группы, в зависимости от особенностей химического состава, физико-механических свойств и технологических показателей, так, как показано в табл. 5.

Наименование видов декоративных и полудрагоценных камней (ГП и минералов), которые относятся к каждой из этих групп и используются при изготовлении строительно-интерьерных, производственно-технических и декоративно-художественных изделий приведены в табл. 6.

Указанная итоговая таблица (табл. 6) не может, конечно, вместить породы и минералы всех известных наименований, месторождений, торговых марок и стран, однако она может служить ориентиром обрабатываемости для камней с известным химическим составом, физико-механическими свойствами, минералогическими особенностями или технологическими параметрами обработки.

Такое распределение камней дает возможность назначать технологические параметры обработки, одинаковые для всех наименований ГП и минералов одной группы на различных технологических операциях (резание, формообразование, шлифование и чистовое шлифование) для разных видов универсального станочного и специального технологического оборудования.

Это также дает возможность рационально выбирать основные параметры рабочего слоя (марку синтетических алмазов, концентрацию и связку) алмазного камнеобрабатывающего инструмента для каждой из групп.

*В результаті узагальнення раніше проведених досліджень впливу міцнісних властивостей, хімічного складу та мінералогічних особливостей різних гірських порід і мінералів на трудомісткість та енергоємність їх обробки розроблена класифікація таких порід по групах оброблюваності.*

*Ключові слова: класифікація, гірські породи, оброблюваність, алмазний інструмент, міцнісні властивості, хімічний склад, мінералогічні особливості, трудомісткість та енергоємність обробки.*

*As a result of generalization of the before conducted researches of influence of strength properties, chemical composition and mineralogical features of different mountain breeds and minerals on labour intensiveness and power-hungryness of their treatment classification of such breeds is developed on the groups of workability.*

*Key words: classification, mountain breeds, workability, diamond instrument, strength properties, chemical composition, mineralogical features, labour intensiveness and power-hungryness of treatment.*

### Литература

1. Добыча и обработка природного камня: Справочник / Под ред. А. Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 446 с.
2. Исследование влияния некоторых компонентов химического состава природных камней на их 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. 11. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля. – 2008. – С 444–449.
3. 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.
4. Исследование производительности и трудоемкости шлифования природных камней алмазным инструментом / В. В. Пегловский, В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – Вып. 12. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля. – 2009. – С 500–504.
5. Исследование влияния прочностных свойств природных камней на мощность потребляемую при алмазном шлифовании / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – Вып. 11. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. – 2008. – С 449–453.
6. Исследование влияния прочностных свойств природных камней на трудоемкость их алмазного шлифования / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – Вып. 12. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. – 2009. – С 495–500.
7. Влияние содержания оксидов алюминия и железа в химическом составе горных пород на трудоемкость и энергоёмкость их обработки / В. В. Пегловский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – Вып. 13. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. – 2010. – С 536–540.
8. Влияние минералогических особенностей горных пород на трудоемкость и энергоёмкость их обработки / В. В. Пегловский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – Вып. 14. – Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. – 2011. – С 592–597.
9. Изделия камнерезные. ТУУ 26.7–23504418–001:2007. – Введ. 01.05.07.

10. ДСТУ БВ.2.7–37–95. Строительные материалы. Плиты и изделия из природного камня. Технические условия. – Введ. 01.01.96.
11. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro. – М.: АМК, 2001. – 572 с.
12. Кирьянов Д. В. Mathcad 13. – СПб.: БВХ–Петербург, 2006. – 590 с.

Поступила 29.05.12

УДК 679.8; 621.923

**В. В. Пегловский**, канд. техн. наук, **В. И. Сидорко**, д-р техн. наук, **В. Н. Ляхов**

*ГП ИПЦ «Алкон» НАН Украины, г. Киев*

### **ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛМАЗНОЙ ОБРАБОТКИ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ПРОЧНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ АЛМАЗОНОСНОГО СЛОЯ ИНСТРУМЕНТА**

*В результате проведенных экспериментальных исследований влияния прочности синтетических алмазов в рабочем слое камнеобрабатывающего инструмента на производительность шлифования различных горных пород, определены значения поправочных коэффициентов, позволяющих учитывать это влияние.*

***Ключевые слова:** обработка, горные породы, алмазный инструмент, производительность шлифования, алмазоносный слой, марка синтетических алмазов.*

#### **Введение**

При алмазной обработке природных камней (горных пород и минералов), изготовлении строительных, производственно-технических и декоративно-художественных изделий из них, определении технико-экономических показателей (например, трудоемкости) изготовления этих изделий [1-3] необходимо знать, как соотносятся основные параметры алмазоносного слоя инструмента (марка синтетических алмазов, вид связки, размер зерна алмазного порошка и концентрация алмазов в алмазоносном слое) с производительностью обработки камня.

Цель настоящего исследования – определить взаимосвязь прочностных свойств синтетических алмазов алмазоносного слоя камнеобрабатывающего инструмента и производительностью шлифования горных пород и минералов.

#### **Методика исследований**

Известно, что в камнеобработке, как правило, используют высокопрочные синтетические алмазы. Марки применяемых алмазов, для технологических операций резания (распиловки), чернового шлифования и формообразования находятся в диапазоне АС15-АС100. Это связано с высокими прочностными свойствами (твердостью) природного камня и вследствие этого высокой трудоемкостью его обработки. Марки алмазов ниже АС15 в камнеобработке для резки (распиловки), формообразования и шлифования в инструменте с металлическими связками, как правило, не используют.

Синтетические алмазы этих марок делятся на 4 группы в зависимости от прочностных свойств зерен алмазного порошка и геометрической формы (габитуса) алмазных зерен [4, 5].

Известно, что номер марки алмазов приблизительно определяет значение предела прочности отдельных алмазных зерен синтетического алмазного порошка при их статическом сжатии. Эти значения для нескольких марок алмазных порошков зернистостей 200/160 и 160/125 приведены в табл. 1 [4], где также приведены некоторые геометрические характеристики алмазных зерен этих марок синтетических алмазов. Причем для зернистости алмазов 200/160 прочностные значения соответствуют их марке.