

В.В. Мосейкин, Н.М. Мусаев

**КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЛЬНЫХ ИЗВЕСТНЯКОВ ПЕРВОМАЙСКОГО КАРЬЕРА**

Кластерным анализом физико-механических параметров известняков Первомайского карьера в г. Дербенте выделено два класса. Для независимости параметров от единиц измерения произведена стандартизация данных физико-механических испытаний известняков. Кластеры объемной массы, водопоглощения, предела прочности отображены на графических проекциях скважин бортов карьера. Сложный характер распределения кластеров в толще кондиционных известняков требует создания блочной модели месторождения пильных известняков для его эффективной разработки.

Ключевые слова: кластерный анализ, неоднородность, объемная масса, водопоглощение, предел прочности, стандартизация, дендрограмма.

**К**ластерный анализ – статистический метод, цель которого классификация объектов выборки [1–4]. Шире это называется распознавание образов, понимая под распознаванием – отнесение к определенному классу. Кластерный анализ применяется, когда классы не заданы заранее и их требуется определить. Кластеризация на группы выполнена с помощью двух процедур – метода *k*-средних и построения дендрограмм. В качестве метода визуализации многомерных данных применялся метод главных компонент.

Нами выполнена кластеризация методом *k*-средних, так как точечные графики рассеяния геологических и физико-механических параметров известняков показывают некую неодно-

родность полученной нами выборки. Эта неоднородность особенно явно проявляется на графиках рассеяния мощности кондиционных известняков почти с любыми другими параметрами, что и послужило основанием применения метода *k*-средних, который позволяет рассортировать многомерные данные на количество указываемых нами классов. Для Первомайского участка Дербентского месторождения таких классов выделено два.

Характеристика физико-механических параметров известняков Первомайского участка приведена в табл. 1.

Отнесение к кластеру 1 произведено по значениям физико-механических параметров: объемная масса ( $\text{г/см}^3$ ) > 1,93; водопоглощение (%) <

Таблица 1

**Описательные статистики физико-механических параметров (количество проб = 525)**

Параметр	Среднее	5% доверит. интервал для среднего		Медиана	Минимум	Максимум	Дисперсия	Стандартное отклонение
Объемная масса, $\text{г/см}^3$	1,93	1,92	1,95	1,93	1,38	2,48	0,02	0,14
Водопоглощение, %	6,44	6,29	6,59	6,46	1,02	14,9	3,15	1,77
Предел прочности, $\text{г/см}^2$	99,70	96,55	102,85	96,00	21,00	256,00	1349,70	36,74

Таблица 2

**Стандартизированные описательные статистики кластеров 1 и 2**

Параметры	Кластер 2			Кластер 1		
	среднее	стандарт	дисперсия	среднее	стандарт	дисперсия
Объемная масса	-0,58	0,76	0,58	0,59	0,86	0,74
Водопоглощение	0,63	0,78	0,62	-0,64	0,75	0,57
Предел прочности	-0,67	0,58	0,33	0,68	0,87	0,77

$< 6,44$ ; предел прочности ( $\text{г/см}^2$ )  $> 99,70$ , к кластеру 2 по значениям параметров: объемная масса  $< 1,93$ ; водопоглощение  $> 6,44$ ; предел прочности  $< 99,70$ .

Чтобы сделать данные по объемной массе, водопоглощению и пределу прочности известняков независимыми от единиц измерения была выполнена стандартизация – преобразование данных физико-механических испытаний. В результате ее применения новые значения переменных имеют не только нулевое среднее значение, но также измеряются в единицах стандартных

отклонений. После стандартизации данных значения описательных статистик в каждом кластере приняли значения представленные в табл. 2.

График стандартизированных значений физико-механических свойств каждого кластера приведен на рис. 1.

Стандартизированные данные физико-механических параметров по каждой эксплуатационной скважине Первомайского карьера в виде файла (табл. 3.) хранятся в компьютере.

Кластеры 1 и 2 объемной массы (рис. 2, а), водопоглощения (рис. 2, б), предела прочности (рис. 2, в) и в целом

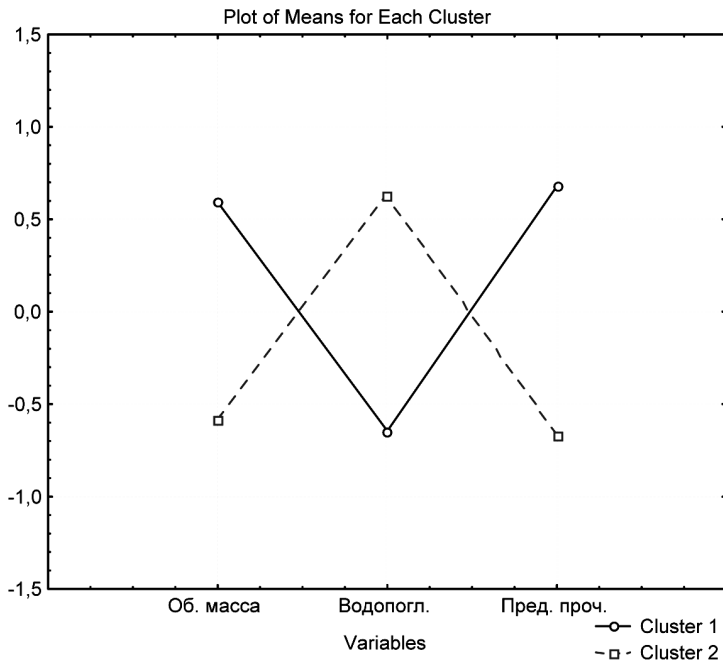
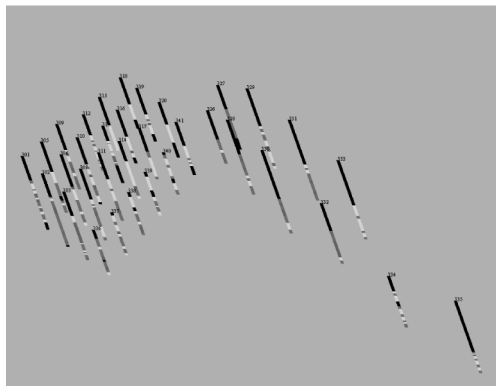
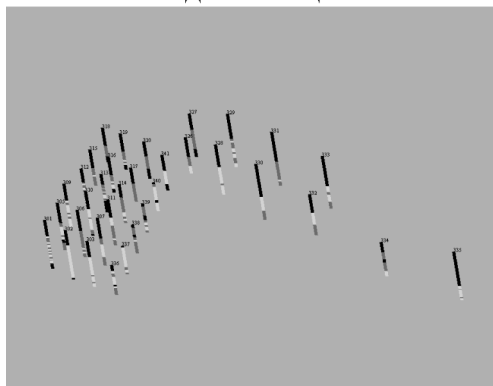


Рис. 1

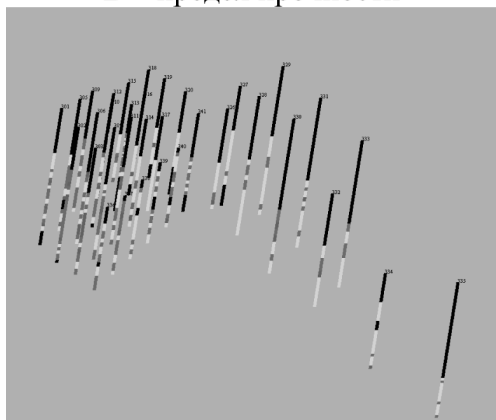
А – объемная масса



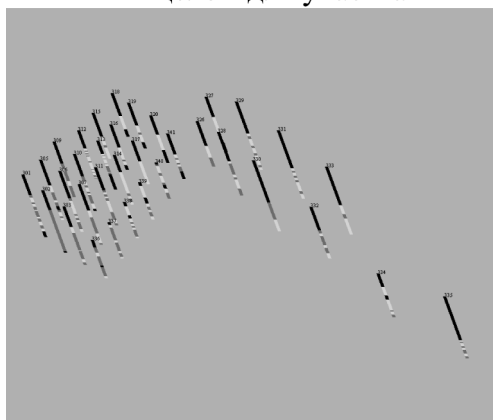
Б - водопоглощение



В – предел прочности



Г – в целом для участка

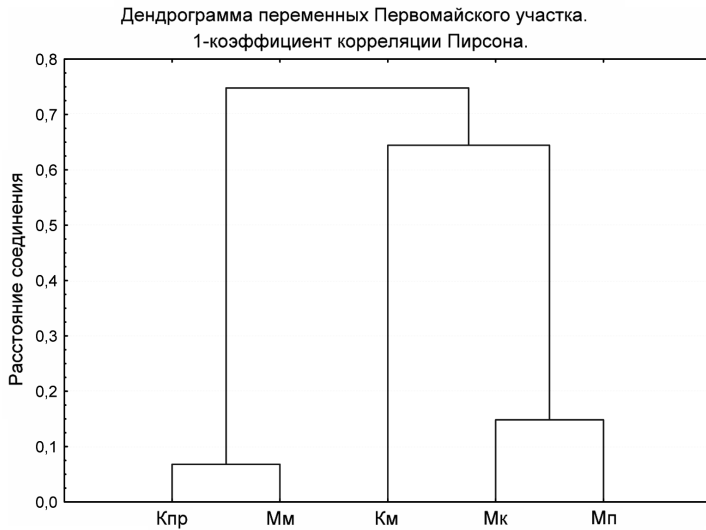


**Рис. 2**

Таблица 3

**Стандартизированные физико-механические данные Первомайского участка**

	Объемная масса	Водопоглощение	Предел прочности	CASE_NO	CLUSTER	DISTANCE
C_1	0,170	-2,139	1,150	1	1	0,94
C_2	-0,727	-1,514	0,692	2	1	0,91
C_3	0,918	-1,149	0,773	3	1	0,35
....	....	....	....	....	....	....
C_256	-0,502	1,014	-1,545	256	2	0,56
C_257	-2,819	1,372	-1,438	257	2	1,43
C_258	1,590	1,684	0,746	258	1	1,46
C_259	-1,549	1,745	-0,979	259	2	0,87
C_260	-0,652	1,578	-1,545	260	2	0,75
....	....	....	....	....	....	....
C_396	1,067	0,626	-0,521	396	2	0,95



**Рис. 3**

для Первомайского участка (рис. 2, г) отображены на проекциях эксплуатационных скважин бортов карьера.

В иерархических схемах группировки объектов (кластерного анализа) наиболее распространенными формами графического отображения результатов являются дендрограммы, представляющие собой одномерные графы, использующиеся для изображения взаимных связей между объектами из заданного их множества. Рассмотрим применение одной из процедур кластерного анализа [5, 6] – выбор функций расстояний  $d$  или мер сходства  $r$  между любыми парами групп объектов.

Дендрограмма геологических параметров Первомайского участка (рис. 3) отражает две пары переменных, характеризующиеся тесной корреляционной связью. Левая пара количество прослоев мергелистых известняков и мощность мергелистых прослоев известняков характеризуется  $r = 0,93$  тесной корреляционной зависимостью.

Правая группа фиксирует тесную корреляционную зависимость между мощностью полезной толщи и мощностью кондиционных известняков ( $r =$

$= 0,85$ ). Это представляется естественным для горизонтально залегающих пластов, т.к. нижний контур мощности кондиционных известняков отделен от мощности полезной толщи линией с абсолютной отметкой – 27,5 м – уровнем Каспия, которым ограничен подсчет кондиционных запасов.

Количество мергелистых прослоев значимо коррелирует ( $r = 0,36$ ) только с мощностью полезной толщи и незначимо ( $r = 0,27$ ) – с мощностью кондиционных известняков. Для мощности кондиционных известняков и мощности прослоев мергелистых прослоев и глин характерна значимая отрицательная ( $r = -0,55$ ) корреляция.

Таким образом, выполненная кластеризация физико-механических параметров известняков двух участков примыкающих к бортам действующего Первомайского карьера и ее трехмерная визуализация показывают на сложный характер распределения кластеров 1 и 2 в объеме кондиционной толщи известняков. Это свидетельствует о необходимости блочного моделирования толщи кондиционного пильного камня.

1. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1980.
2. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. – М.: Статистика, 1977.
3. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. – М.: Недра, 1990, 251 с.
4. Коган Р.И. Интервальные оценки в геологических исследованиях – М.: Недра, 1986.
5. Коган Р.И., Белов Ю.П., Родионов Д.А. Статистические ранговые критерии в геологии. – М.: Недра, 1983, 321 с.
6. Справочник по математическим методам в геологии. – М.: Недра, 1987, 337 с. **ИАС**

---

**КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

Мосейкин В.В. – профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой,  
e-mail: moseykin@inbox.ru, МГИ НИТУ «МИСиС»,  
Мусаев Н.М. – кандидат технических наук,  
директор Дербентского комбината строительных материалов,  
e-mail: dksm@mail.ru.

---

UDC 550.81:519.711.3

---

**CLUSTERING OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SAW LIMESTONE QUARRY PERVOMAIISKY**

Moseykin V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia, e-mail: moseykin@inbox.ru,  
Musaev N.M., Candidate of Technical Sciences, Director, Derbent plant building materials, Derbent, Dagestan, Russia, e-mail: dksm@mail.ru.

---

*Cluster analysis of physical and mechanical properties of limestone Pershamajski career in Derbent allocated two classes. For the independent parameters of units produced standardization of data of physical and mechanical tests of limestone. Clusters of bulk density, water absorption, tensile strength displayed on the graphic projections of pit wells. The complex nature of the distribution of clusters in the thick limestone requires the creation of conditional block model of the deposit of saw limestone for its effective development.*

*Key words: cluster analysis, inhomogeneity, bulk density, water absorption, ultimate strength, standardization, dendrogram.*

---

**REFERENCES**

1. Tu Dzh., Gonsales R. *Printsipy raspoznavaniya obrazov* (Principles of pattern recognition), Moscow, Mir, 1980.
2. Dyuran B., Odell P. *Klasternyy analiz* (Cluster analysis), Moscow, Statistika, 1977.
3. Kazhdan A.B., Gus'kov O.I. *Matematicheskie metody v geologii* (Mathematical methods in geology), Moscow, Nedra, 1990, 251 p.
4. Kogan R.I. *Interval'nye otsenki v geologicheskikh issledovaniyakh* (Interval estimation of the geological research), Moscow, Nedra, 1986.
5. Kogan R.I., Belov Yu.P., Rodionov D.A. *Statisticheskie rangovye kriterii v geologii* (Statistical ranking criteria in geology), Moscow, Nedra, 1983, 321 p.
6. *Spravochnik po matematicheskim metodam v geologii* (Handbook of mathematical methods in geology), Moscow, Nedra, 1987, 337 p.

