

УДК 552.1 : 53

С. У. ВАРТАНЯН, Л. С. МЕЛИКЯН

## РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Решение ряда научных и прикладных задач, стоящих перед разведочной геофизикой и рудной геологией, в частности, выяснение условий локализации гидротермального оруденения, требует производства массовых исследований физических и физико-механических свойств рудовмещающих горных пород.

В последнее время все больше возрастает интерес к познанию физико-механических свойств пород, и все больше проводится исследований в этой области.

Разработан ряд способов определения физических и физико-механических свойств горных пород, выбор которых зависит от их научного и прикладного назначения [В. Н. Дахнов, В. Н. Кобранова, 1965; Н. Б. Дортман, В. И. Васильева, 1964; В. Н. Кобранова, 1962; Методическое руководство, 1962; А. В. Орлова и др., 1964; И. А. Турчанов, Р. В. Медведев, В. И. Панин, 1967].

Одним из частных вопросов является определение объемного веса рудовмещающих пород. Общеизвестно, что объемный вес помимо того, что характеризует плотность породы, находится еще в прямой связи с общей и эффективной пористостью, водонасыщением и упругими свойствами пород. Следовательно, точность и скорость измерения отмеченных параметров во многом зависят от точности методики и скорости определения объемного веса.

С. У. Вартаняном на некоторых месторождениях колчеданной формации и Л. С. Меликяном на Зодском золоторудном месторождении проводились определения физико-механических свойств рудовмещающих пород. Эти работы входили в программу выяснения условий локализации гидротермального оруденения.

При определении объемного веса (плотности) нами уделялось большое внимание методическим вопросам; результаты этих работ излагаются в данном сообщении.

Исследованиям были подвергнуты образцы горных пород разного состава, разной формы и размеров, сгруппировать их можно в следующем порядке:

1) по форме: а) цилиндрические; б) неправильные с отшлифованными поверхностями; в) неправильные с поверхностями естественного скола.

2) по весу: а) от 80 до 150 г; б) от 200 до 350 г.

Образцы цилиндрической формы размером  $4,2 \times 4,2$  см (по весу не

превышали 170 г) изготовлялись в лабораторных условиях и предназначались для определения прочности пород.

Отшлифованные образцы неправильной формы подвергались шлифовке на обычном дисковом шлифовальном станке. Размеры образцов колебались в пределах от  $3 \times 4 \times 1,5$  см до  $4 \times 6 \times 2$  см (по весу от 70 до 150 г).

Шлифовка образцов относительно трудоемкая работа: на каждый образец отмеченных размеров у нас уходило в среднем 20—25 мин. Однако, этим гарантировалась целостность образца при длительном процессе водонасыщения (наблюдение за динамикой свободного водонасыщения велось в течение 45 суток).

Кроме того, на отшлифованных поверхностях образцов легко обнаруживаются механические повреждения, от чего зависит достоверность определений объемного веса и пористости.

Образцы неправильной формы (неотшлифованные) отличались относительно крупными размерами—от  $5 \times 7 \times 3$  см до  $6 \times 8 \times 4$  см (по весу от 200 до 350 г).

Как известно, наиболее распространенным и обычным методом определения объемного веса горных пород является метод гидростатического взвешивания. Преимущество этого метода для скальных пород заключается в том, что одновременно с определением объемного веса мы получаем представление и о степени водонасыщения пород.

Нами объемный вес пород всех вышеуказанных форм определялся как методом гидростатического взвешивания, так и методом обмера и денситометром.

Часть полученных результатов, представляющих средние значения из пяти определений по каждой форме образца, приводится в таблице 1.

Относительная точность определения не превышает  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

Значения объемного веса у каждой разновидности пород во всех трех группах близки и разброс\* колеблется в определенном интервале, проявляя черты постоянного характера.

При гидростатическом взвешивании разброс в значениях объемного веса между однотипными породами цилиндрической и неправильной формы с отшлифованными поверхностями составлял  $\pm 0,01 \text{ г/см}^3$ .

Для неотшлифованных образцов с поверхностями естественного скола этот разброс, по сравнению с двумя отмеченными формами, доходил до  $\pm 0,03 \text{ г/см}^3$ , в единичных случаях составлял— $0,04 \text{ г/см}^3$ .

Методом обмера (приемлемым лишь для образцов цилиндрической формы) подтвердились результаты, полученные предыдущим методом для цилиндрических и отшлифованных образцов неправильной формы. При этом разброс в значениях объемного веса, полученных методом об-

---

\* Под разбросом пониманием отклонение значения объемного веса одних и тех же пород разных форм, определенных разными методами по отношению к значению объемного веса, определенного на образцах цилиндрической формы методом гидростатического взвешивания.

Таблица 1

Объемный вес горных пород, определенный разными методами на образцах разных форм

| №№ образ. | Форма образцов | Объемный вес, г/см <sup>3</sup> |       |             | Разброс              | Форма образцов              | Объемный вес, г/см <sup>3</sup> |             |                                | Разброс                       | Форма образцов | Объемный вес, г/см <sup>3</sup> |                                         |  | Разброс |
|-----------|----------------|---------------------------------|-------|-------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------------|-----------------------------------------|--|---------|
|           |                | методы определения              |       |             |                      |                             | методы определения              |             |                                |                               |                | методы определения              |                                         |  |         |
|           |                | гидростатическое взвешивание    | обмер | денситометр |                      |                             | гидростатическое взвешивание    | денситометр | гидростатическое взвешивание   |                               |                | денситометр                     |                                         |  |         |
| 1         | Цилиндрическая | 3,17                            | 3,16  | 3,17        | б) - 0,01; в) ± 0,01 | Неправильная, отшлифованная | 3,16                            | 3,17        | а) +0,01; б) - 0,01; в) ± 0,01 | Неправильная, неотшлифованная | 3,17           | 3,17                            | а) +0,03--0,04; б) ± 0,03; в) до ± 0,04 |  |         |
| 2         |                | 2,55                            | 2,54  | 2,55        |                      |                             | 2,56                            | 2,55        |                                |                               | 2,55           | 2,58                            |                                         |  |         |
| 3         |                | 2,85                            | 2,84  | 2,84        |                      |                             | 2,84                            | 2,83        |                                |                               | 2,86           | 2,89                            |                                         |  |         |
| 5         |                | 2,27                            | 2,26  | 2,27        |                      |                             | 2,27                            | 2,27        |                                |                               | 2,24           | 2,27                            |                                         |  |         |
| 6         |                | 2,99                            | 2,98  | 3,00        |                      |                             | 3,00                            | 3,01        |                                |                               | 2,99           | 3,02                            |                                         |  |         |
| 7         |                | 2,80                            | 2,80  | 2,80        |                      |                             | 2,80                            | 2,80        |                                |                               | 2,81           | 2,80                            |                                         |  |         |
| 8         |                | 2,49                            | 2,48  | 2,50        |                      |                             | 2,49                            | 2,50        |                                |                               | 2,45           | 2,50                            |                                         |  |         |
| 9         |                | 2,84                            | 2,84  | 2,83        |                      |                             | 2,84                            | 2,83        |                                |                               | 2,82           | 2,84                            |                                         |  |         |
| 10        |                | 2,78                            | 2,76  | 2,77        |                      |                             | 2,78                            | 2,78        |                                |                               | 2,76           | 2,76                            |                                         |  |         |

1. Пироксенит; 2. Серпентинит аподунитовый; 3. Габбро; 5. Липаритовый порфир; 6. Габбро-пироксенит; 7. Гарцбургит; 8. Серпентинит апогарцбургитовый; 9. Гарцбургит; 10. Габбро.

мера, по сравнению с методом гидростатического взвешивания, для указанных двух форм составлял—0,01 г/см<sup>3</sup>.

Как видно, разброс имеет одностороннее значение—в сторону занижения. Причина этого явления кроется в возможности более точного определения объема образцов методом гидростатического взвешивания, по сравнению с замером объема того же образца с помощью штангенциркуля.

Этого нельзя сказать для образцов неправильной формы с поверхностями естественного скола, так как разброс в данном случае имеет противоположные значения и составляет ±0,03 г/см<sup>3</sup>.

Исходя из приведенных данных, значения объемного веса образцов цилиндрической и отшлифованной неправильной формы, определенные методами гидростатического взвешивания и обмера, можно практически считать однозначными, с колебанием ±0,01 г/см<sup>3</sup>. А для образцов неправильной формы с поверхностями естественного скола колебание, со значением ±0,03 г/см<sup>3</sup>, выходит за пределы допустимого и результаты по интересующему нас параметру не могут быть приемлемы.

Таким образом, большая точность результатов определения объемного веса по отшлифованным образцам пород очевидна. Следовательно, вышеуказанное относительно технических возможностей выбора образцов и приведенный анализ результатов убедительно свидетельствуют о рациональности определения объемного веса пород методом гидростатического взвешивания только с применением отшлифованных образцов весом от 50 до 150 г.

При денситометрическом методе измерения, величины объемного веса (плотности), определенные на образцах цилиндрической и неправильной формы с отшлифованными поверхностями, сходны; разброс опять составляет  $\pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>, а по образцам неправильной формы с поверхностью естественного скола разброс в величине плотности варьирует в пределах  $\pm 0,01—0,04$  г/см<sup>3</sup>.

Проведенный анализ применимости рассмотренных методов свидетельствует также о закономерности совпадения значений объемного веса (однотипные породы, образцы разной формы), определенных методом гидростатического взвешивания и с помощью денситометра.

Таким образом, результаты определения плотности скальных горных пород, полученные с помощью денситометра, еще раз подтверждают целесообразность применения для этой цели отшлифованных образцов неправильной формы и небольших размеров.

Сравнивая значения интересующего нас параметра, полученные тремя разными методами, можно отметить, что всеми методами для отшлифованных образцов (цилиндрической и неправильной формы) получены однозначные результаты с разбросом  $\pm 0,01$  г/см<sup>3</sup>, что вполне допустимо.

Для образцов неправильной формы с поверхностью естественного скола значения объемного веса, полученные всеми тремя методами, также сходны, однако, разброс значений в этом случае достигает  $\pm 0,05$  г/см<sup>3</sup>.

Следовательно, при определении объемного веса (плотности) скальных горных пород надо отказаться от образцов неправильной формы с поверхностями естественного скола (любых размеров). В противоположность этому, наиболее выгодной формой по всем методам, являются отшлифованные образцы неправильной формы (при наличии образцов цилиндрической формы, безусловно, можно использовать их).

Что касается выбора методики, то исходя из анализа приведенных данных и опыта геофизических работ, наиболее целесообразным надо считать денситометрический метод определения плотности скальных горных пород. Данный метод обладает рядом преимуществ, из которых наиболее важными являются точность, отсутствие фактора субъективности, относительно высокая производительность и портативность прибора.

Как видно из вышеизложенного материала, результаты, полученные нами, подтверждают высокую точность работы денситометра.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 7.VII.1968.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дахиов В. Н., Кобранова В. Н. Петрофизика, ее значение для настоящего и будущего геологии. «Советская геология», № 9, 1965.
2. Дортман Н. Б., Васильева В. И. и др. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых СССР. Изд. «Недра», 1964.
3. Кобранова В. Н. Физические свойства горных пород. Гостоптехиздат. М., 1962.
4. Методическое руководство по определению физических свойств горных пород и

- полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, М., 1962.
5. Орлова А. В., Томсон И. Н., Вольфсон Ф. И., Лукин Л. И. Литологические и структурные факторы размещения оруденения в рудных районах. Изд. Недра, М., 1964.
6. Турчанов И. А., Медведев Р. В., Панин В. И. Современные методы комплексного определения физических свойств горных пород. Изд. Недра, Л., 1967.