Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени Горного института, том XXII, 1948

Упрощенный способ определения объемного и удельного веса сравнительно плотных руд

Доц. Н. В. Иванов

Известные способы определения объемного и удельного веса полезных ископаемых относительно трудоемки, требуют значительной затраты времени и средств, а проведение испытаний связано с наличием определенного лабораторного оборудования.

Автор настоящей статьи поставил перед собой задачу — найти более производительный способ определения удельного веса, который бы требовал минимум времени и минимум лабораторного оборудования, причем результаты точности такого определения должны удовлетворять практическим требованиям.

Разрешение поставленных задач было проведено при определении удельного веса серно- и медноколчеданных руд Северо-Карабашских месторождений. Исследованию подверглись разнообразные по минералогическому составу, по структурным (средне-, мелко- и тонкозернистые разновидности) и текстурным особенностям (массивные, полосчатые, вкрапленные и другие руды), т. е. исследованием было охвачено все разнообразие встречающихся на месторождении первичных сульфидных руд.

Определение удельного веса руд производилось путем взвешивания образцов в воздухе и в воде.

Отобранный для исследования материал взвешивался в воздухе, в результате устанавливался вес штуфа руды в воздухе — P. Взвешивание производилось на технических весах, причем предварительно было установлено, что максимальная относительная ошибка взвешивания колеблется в пределах от $\pm 0{,}01$ до $\pm 0{,}02\%$.

При определении веса руды в воздухе взвешиванию подвергались воздушносухие руды, т. е. предварительной просушки их не производилось; таким образом, в вес руды в воздухе вошел вес влаги, находящейся в рудах.

Для приближенного учета влаги в воздушносухих рудах некоторое количество образцов было просушено при температуре 105—107° до постоянного веса, при этом получены следующие данные (табл. 1).

Таблица 1

№	№ штуфа	Вес воздушно-сухого штуфа в граммах	Вес штуфа после просушивания в граммах	Потеря в весе после просушки в граммах	Содержание влаги в руде в процентах
1	164	1771,20	1770,90	0,30	0,02
2	214	242,75	242,65	0,10	0,04
3	331	1050,85	1050,68	0,17	0,02
4	332	239,35	239,16	0,19	0,08
5	457	840,93	840,76	0,17	0,02
6	533	710,17	710,08	0,09	0,01
7	940а	348,90	348,84	0,06	0,02
8	541а	641,20	641,11	0,09	0,01
9	543	1049,80	1049,87	0,03	0,003
10	546	231,97	231,85	0,12	0,05
11	579а	912,80	912,65	0,15	0,02
12	664	476,77	476,73	0,05	0,01
13	688	726,25	726,22	0,03	0,004
14	694	1188,39	1187,84	0,55	0,05
15	695	964,55	964,35	0,20	0,02
16	700	500,00	499,98	0,02	0,004
17	701а	530,96	530,77	0,19	0,04
18	724	1551,35	1551,30	0,55	0,04
19	726	732,70	732,50	0,20	0,08
20	727	1778,40	1777,60	0,80	0,05
		16489,39	16485,84	4,05	0,0245[1]

После просушивания был установлен вес сухой руды — P' Зная вес воздушносухих руд — P_1 и вес сухих руд — P', можно определить процентное содержание влаги в рудах, или коэфициент влажности руд.

$$K = \frac{P_1 - P'}{P'} \times 100, \quad (1)$$

где: K — коэфициент влажности руд в процентах.

На основании 20 определений средний коэфициент влажности был установлен — 0,025%.

Установленный коэфициент влажности нами принят как средний для всех руд. Таким образом, зная вес воздушносухих руд — P_1 и средний коэфициент влажности их — K, можно без предварительной просушки всех руд установить их сухой вес — P'

$$P' = P_1 - \frac{P_1 K}{100} \quad (2)$$

или

$$P' = P_1 - \frac{0{,}025\, P_1}{100}, \quad (3)$$

или

$$P' = P_1 - 0{,}00025\ P_1, \quad (4)$$

или

$$P' = P_1 - (1 - 0{,}00025), \quad (5)$$

или

$$P' = 0{,}99975\ P. \quad (6)$$

[1] Несмотря на большой разброс отдельных значений K для разных штуфов руды, вследствие малости абсолютного значения K, формулу 2 можно применять для приведения воздушносухого веса штуфа к сухому весу.

Для определения удельного веса необходимо знать объем исследуемых штуфов. Для этой цели штуфы, предварительно взвешенные в воздухе, подверглись взвешиванию в воде, без покрытия их парафином.

Имея в виду, что колчеданные руды Урала сравнительно плотные, а имеющиеся в них незначительные по размеру поры заполнены воздухом, полагаем, что образец, погруженный в воду, вытеснит количество воды примерно равное объему, установленному по его внешнему контуру. Если быстро произвести взвешивание штуфа в воде, то потеря его веса в воде, по сравнению с весом в воздухе, и дает искомый объем исследуемого штуфа [1]

$$V_1 = (P' - P_2)\, a. \tag{7}$$

Если вместо P' поставим его значение, то получим:

$$V_1 = (0{,}99975\, P_1 - P_2)\, a. \tag{8}$$

V_1 — объем штуфа руды (в который входит объем пор).
P_2 — вес штуфа в воде при быстром взвешивании.
a — поправка на плотность воды.

Установленный объем не будет равен инстинному объему исследуемых руд, так как в него войдет объем пор, находящихся в рудах. Объем, установленный указанным способом, будет очень близок к объему, который мог быть определен при покрытии исследуемого образца парафином.

Таким образом, зная вес сухой руды — P' и ее объем — V можно определить объемный вес руды.

$$d_{об} = \frac{P'}{V_1} \tag{9}$$

или

$$d_{об} = 0{,}99975\, \frac{P_1}{V_1}, \tag{10}$$

где $d_{об}$ — объемный вес руды.

Если штуф оставить в воде на некоторое время, то будет наблюдаться следующее:

1. Поверхность штуфа будет покрываться многочисленными небольшими пузырьками воздуха, вытесненными водой из пор.

2. Пузырьки воздуха будут постепенно отрываться от штуфа и подниматься на поверхность.

3. Вес штуфа в воде будет увеличиваться за счет изменения объема вытесненной воды (объем вытесненной воды будет уменьшаться).

В течение 23 часов пребывания штуфа в воде происходит свободное максимальное заполнение пор водой, а после указанного срока наступает постоянство веса штуфа в воде, т. е. — предельное уменьшение объема вытесненной штуфом воды.

---

[1] В этом случае необходимо сделать поправку на плотность воды, величина которой зависит от ее температуры.

Для выяснения величины изменения объема вытесненной штуфом воды было произведено следующее: сделано взвешивание 8 штуфов руды в воде сразу же после их погружения — вес P_3, и после достижения постоянного веса штуфов — вес P_4.

Тогда:

$$\Delta = P_4 - P_3, \tag{11}$$

где: Δ — разность объемов вытесненной штуфом воды.

Полученные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2

№ п п.	№ образца	P_3 — вес в воде при быстром взвешивании в *г*	P_4 — вес в воде при взвешивании после пребывания штуфа в воде в течен. 23 час. в *г*	Δ — разность объемов вытесн. штуфом воды в *см*³	Разность в объеме, выраженная в %
1	249	1337,55	1337,95	0,40	0,03
2	251	1193,33	1195,80	2,47	0,21
3	253	165,70	166,25	0,55	0,33
4	257а	679,21	680,28	1,07	0,16
5	316	516,99	519,00	2,01	0,39
6	336	260,77	261,40	0,63	0,24
7	337	555,22	556,75	1,53	0,27
8	473	84,38	84,42	0,04	0,05
		4793,15	4801,85	8,70	0,18

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что изменение объема вытесненной воды ничтожно и колеблется от 0,03 до 0,39%, в среднем 0,18%. Приведенные данные также показывают, что исследуемые Северо-Карабашские колчеданные руды сравнительно плотные.

Если принять, что среднее постоянное изменение объема для исследуемых руд будет равно 0,18%, тогда можно будет определить удельный вес руды при наличии данных P_1 и V_1.

Истинный объем V будет равен

$$V = V_1 - \frac{0{,}18\,V_1}{100}. \tag{12}$$

Полученное уравнение 12 совершенно аналогично уравнению 3. Если произвести с ним аналогичные преобразования, то получим

$$V = 0{,}9982\ V_1. \tag{13}$$

Удельный вес d будет равен:

$$d = \frac{P_1}{V} \tag{14}$$

Если вместо P' и V подставим их значение (см. уравнение 6 и 13), то получим:

$$d = \frac{0{,}99975\ P_1}{0{,}99820\ V_1} \tag{15}$$

или

$$d = 1{,}002 \frac{P_1}{V_1} \tag{16}$$

$$d = K_1 \frac{P_1}{V_1}, \tag{17}$$

где: K_1 — коэфициент, значение которого определяется влажностью воздушносухих руд и их пористостью.

Из уравнения 16 видно, что для Северо-Карабашских колчеданных руд K_1 близок к единице, он равен 1,00155. Установленный коэфициент можно рекомендовать для всех первичных сульфидных руд колчеданных месторождений Урала. Практически для колчеданных месторождений Урала K_1 может быть принят равным единице.

Тогда

$$d = \frac{P_1}{V_1} \tag{18}$$

Таким образом, определение удельного веса первичных сульфидных руд колчеданных месторождений Урала может быть произведено путем взвешивания штурфов воздушносухих руд в воздухе и в воде без учета их пористости и с введением поправки на плотность воды, в которой производится взвешивание.

Такое упрощение в определении удельного веса руд резко увеличит производительность труда и соответственно удешевит стоимость отдельного определения, что, в свою очередь, сократит расход средств, связанных с изучением месторождений. Но остается невыясненным вопрос относительно точности определения удельного веса указанным способом.

Для выяснения относительной точности предложенного способа было сделано 354 определения удельного веса.

При исследовании производили взвешивание штуфов воздушносухих руд в воздухе. Перед взвешиванием в воде штуфы помещались в сосуд с водой, где они находились минумум 23 часа. Взвешивание производили в дистиллированной воде, при этом учитывалась температура воды. При определении объема штуфа вводилась поправка на плотность воды при данной температуре.

Определение удельного веса производилось по типам руд.[2] Одновременно исследованию подвергались руды борнито-теннантитной и Во-

---

В соответствии с данными таблиц № 1 и 2 числовой коэфициент формулы 16 для различных руд-штуфов меняется в очень узких пределах от 1,0002 до 1,0031.

[2] Краткую характеристику типов руд см. в ст. „Методика опробования Карабашских колчеданных месторождений по типам руд", опубликованной в журнале „Советская Геология" № 4, 1941 г.

сточной жил Северо-Карабашских колчеданных месторождений. В результате исследования был установлен средний удельный вес в типах руд и указанных жилах.

Для определения относительной точности удельного веса, установленного вышеуказанным способом, было проделано следующее:

1. По каждому типу руды, а также по борнито-теннантитной и Восточной жилам было отобрано по некоторому количеству штуфов (всего 140), удельный вес которых уже определен вышеуказанным способом.

2. Установлен средний удельный вес по каждому типу руды, а также по борнито-теннантитной и Восточной жилам, соответственно данным собранных штуфов.

3. Отобранный материал (штуфы руд) измельчен и соответствующим образом сокращен.

4. Штуфы, отобранные из того или иного типа руды, а также из борнито-теннантитной и Восточной жил при обработке объединялись в одну пробу, таким образом, всего получено 13 проб, которые характеризуют 11 типов руд и 2 вышеуказанные жилы.

5. Материал 13 проб был использован для определения удельного веса пикнометрическим способом.

В результате проведенного исследования были установлены удельные веса испытываемых руд вышеописанным способом (путем взвешивания штуфов руд в воздухе и в воде) и пикнометрическим способом.

Полученные данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3

№ пп.	№ типа руд	Удельный вес, установл. пикнометрическим способом [1]	Установлено путем взвешивания в воздухе и воде		Количество штуфов, подвергнут. испытанию	Абсолют. отклонен. удельного веса	Относительное отклонен. удельного веса %
			удельный вес	объемный вес			
1	I	4,02	4,01	4,00	22	—0,01	—0,25
2	II	4,57	4,51	4,50	5	—0,06	—1,33
3	II	4,93	4,87	4,86	10	—0,06	—1,22
4	IV	4,82	4,80	4,79	10	—0,02	—0,41
5	V	4,88	4,84	4,83	5	—0,04	—0,82
6	VI	4,87	4,82	4,81	7	—0,05	—1,03
7	VII	4,84	4,81	4,80	17	—0,03	—0, 2
8	VII	4,73	4,70	4,69	26	—0,03	—0,63
9	IX	4,42	4,34	4,33	13	—0,08	—1,81
10	X	3,97	3,92	3,91	9	—0,05	—1,26
11	XI	4,28	4,28	4,27	8	0,00	0,00
12	—	4,46	4,46	4,45	4	0,00	0,00
13	—	3,96	3,87	3,86	4	—0,09	—2,27
Среднее .		4,52	4,48	4,47	140	—0,04	—0,88

Порядковый № 12 руды борнито-теннантитной жилы
» № 13 Восточной жилы

[1] Определение удельного веса пикнометрическим способом производилось Геохимическим сектором ВСЕГЕИ, Ленинград.

Из данных, приведенных в табл. 3, можно сделать следующие выводы:

1. Абсолютные отклонения, полученные при определении удельного веса предложенным способом в сравнении с пикнометрическим способом, незначительны и колеблются от 0,00 до 0,09, в среднем — 0,04, также незначительны и относительные отклонения, которые колеблются от 0,00 до 2,27%, в среднем — 0,88%.

2. Из данных, приведенных в таблице, видно, что все отклонения получены со знаком минус; это показывает, что определение удельного веса предложенным способом сопровождается систематической погрешностью. Систематическая погрешность со знаком минус обусловлена наличием микроскопически мелких пор в исследуемых рудах, присутствие воздуха в которых препятствовало заполнению их водой (во время взвешивания образцов в воде). В результате определение объема штуфов-образцов сопровождалось систематической погрешностью со знаком плюс, что, в свою очередь, обусловило общую погрешность при определении удельного веса со знаком минус.

3. Незначительное изменение определяемого объема штуфов-образцов в процессе их взвешивания в воде (0,18%), а также незначительные по величине абсолютные и относительные отклонения, в сравнении с пикнометрическим способом, и очень близкие значения объемного и удельного веса показывают, что исследованные руды сравнительно плотные, а имеющаяся в них пористость не имеет практического значения и почти не сказывается на результатах определения объемного и удельного веса.

4. Руды, расположенные в контактах рудного тела, обычно более пористы. Руды лежачего бока рудного тела, представленные II и III типами, дают абсолютные отклонения — 0,06, а руды висячего бока, представленные IX типом, — 0,08. Вкрапленные руды, представленные I, X и XI типами, более плотные, так как полученные абсолютные отклонения несколько меньше средних (исключая X тип руды).

Незначительные средние абсолютные отклонения (0,04) и относительные (—0,88%) отклонения дают возможность рекомендовать предложенный способ определения объемного и удельного веса. К. Л. Пожарицкий в своей работе [1] указывает, что точность определения объемного веса путем взвешивания штуфов в воздухе и в воде, с предварительным покрытием их парафином, равна 3—4%, тогда как предлагаемый способ определения удельного веса дал более точные результаты (—0,88%).

Если принять полученную среднюю абсолютную систематическую ошибку, равную 0,04, за постоянное и неизбежное отклонение, обусловленное предложенным способом определения удельного веса, тогда значение удельного веса можно исправить, введя поправку +0,04. Таким образом, если принять предложенную поправку, то определение удельного веса предложенным способом обеспечит высокую степень точности.

---

[1] Пожарицкий К. Л. Об определении плотности руд. Опробование месторождений полезных ископаемых, 1931 г., под редакцией В. Крейтера.

В заключение автор рекомендует предложенный способ определения объемного и удельного веса для сравнительно плотных руд, а для первичных сульфидных руд колчеданных месторождений Урала можно принять и предложенную поправку.

Все изложенное показывает, что способ определения объемного (без покрытия образцов парафином) и удельного веса — путем взвешивания штуфов-образцов в воздухе и в воде — дешев, производителен, оперативен и точен.