

## ГЕОЛОГИЯ

В. И. Луценко

## Использование кривых распределения для технологической типизации руд

(Представлено академиком АН Армянской ССР И. Г. Магакьяном 7. V. 59)

В нашем понимании технологическая типизация руд означает выделение среди разновидностей руд данного месторождения таких типов, которые имеют глубокие минералогические отличия и вследствие этого отличаются по своим технологическим свойствам.

Разработка технологической типизации руд с одной стороны опирается на минералогическое изучение месторождения и на геолого-структурные представления о нем, а с другой стороны основывается на результатах изучения технологических свойств разновидностей руд. Путем сопоставления указанных данных, все выявленные на месторождении разновидности руд группируются в промышленные типы и сорта, для которых разрабатываются кондиции и схемы переработки.

Для выявления разновидностей руд и обоснования промышленных типов необходимо, наряду с изучением вещественного состава и технологических свойств, использовать также и другие методы количественной оценки, в частности вариационную статистику.

В отличие от известных случаев применения вариационной статистики при решении отдельных задач геологической разведки (<sup>1</sup>), в настоящей статье излагается новый способ расчета статистических признаков, характеризующих технологические типы руд по выходу их из горной массы и по их качеству. В основу предлагаемого способа положен расчет распределения полезного компонента по интервалам его содержания в руде.

Статистическая обработка данных геологической разведки и необходимые расчеты производятся в определенной последовательности.

Прежде всего обуславливается величина интервала содержания полезного компонента в зависимости от значения его содержания в руде. Например, для гипсовой руды с колебанием содержания гипса от 5 до 90% нами принят интервал содержания 5%.

Определенная статистическая совокупность проб руды распределяется по интервалам содержания полезного компонента. Минимальное количество проб в данной статистической совокупности может быть строго обосновано по заданным условиям (<sup>2</sup>). При огра-

ниченном количестве проб геологической разведки в расчет принимаются все пробы. В этом случае качество произвольных расчетов будет целиком зависеть от соблюдения при геологической разведке требования полноты исследования месторождения (3).

Для каждого интервала содержания полезного компонента определяется выход проб, состоящих в данном интервале, в единицах и в процентах от общего количества проб данной статистической совокупности.

Для расчета средневзвешенного содержания полезного компонента в руде необходимо взвесить его средние содержания в каждом интервале  $\beta$  на соответствующий процент выхода проб  $\gamma$ . С этой целью составляется колонка частных произведений  $\gamma\beta$  по интервалам содержания, в итоге которой определяется сумма всех частных произведений  $\Sigma\gamma\beta$ . Делением указанной суммы на 100 (т. е. на сумму процентов всех выходов проб) определяется средневзвешенное содержание полезного компонента в руде  $\alpha$ .

Затем рассчитывается доля каждого частного произведения  $\gamma\beta$  от их суммы, принимаемой за 100. Этот показатель является весьма характерным. В терминологии обогащения руд он называется извлечением или распределением полезного компонента  $\varepsilon$ . Указанный показатель означает распределение полезного компонента по интервалам его содержания в процентах от общего количества полезного компонента в руде.

Изложенная методика расчета средневзвешенного содержания полезного компонента в руде  $\alpha$  и его распределения  $\varepsilon$  заимствована из балансового расчета схем обогащения (4). Как известно, указанные расчеты производятся по формулам

$$\Sigma\gamma\beta = 100\alpha; \quad \frac{\gamma\beta}{\alpha} = \varepsilon.$$

По данным цифровых сводок строятся кривые выхода проб  $\gamma$  и распределения полезного компонента  $\varepsilon$  по интервалам его содержания в руде (вариационные кривые).

Ниже, на примере изучения Джрвежского гипсового месторождения, показывается важное значение предложенного способа расчета для обоснования промышленных типов руд.

Джрвежское месторождение гипсоносных глин относится к типу гипсовых месторождений с небольшой мощностью пластов, не выдержанных по составу и мощности. Гипсовые пласты массивного сложения перемежаются с гипсоносными глинами, имеющими промышленное значение, и с убогими глинами, содержащими 15—5% гипса.

С целью разработки технологической типизации сырья, был предложен такой способ опробования канав и скважин, когда в пробу включался один морфологически однородный пласт гипсоносной глины, мощностью от 2 до 12 м. Пласт мощностью менее 2 м объединялся со смежным пластом. С целью детализации разведки гипсовые пласты массивного сложения выделялись в самостоятельную пробу при мощности более 0,5 м.

Для прогнозных расчетов, еще до окончания разведки, была взята ограниченная совокупность 495 проб с нескольких изученных разрезов месторождения. После окончания детальной разведки были произведены контрольные расчеты, учитывающие полную совокупность 1729 проб. Для сравнения средневзвешенное содержание гипса рассчитывалось как по проценту выхода проб, так и по мощности пластов.

Цифровая сводка приведена в таблице\*. Кривые выхода разведочных проб и распределения двухводного гипса по интервалам его содержания представлены на графике (фиг. 1).

Ввиду низкого содержания двухводного гипса в горной массе, для промышленного использования гипсоносных глин необходимо обогащение\*\*.

Анализ цифровой сводки выхода проб и распределения гипса показал целесообразность исключения из подсчета запасов проб, содержащих менее 15% гипса. Отход отвальной породы составляет 32% со средним содержанием гипса 9%, что равно содержанию его в хвостах обогащения. Это подчеркивает непромышленный характер убогих гипсоносных глин.

По горно-техническим условиям добычи представляется возможным оставить в целиках пласты непромышленных глин мощностью более 15 м; эти пласты хорошо отличаются от промышленной руды по внешнему виду. При этом содержание гипса в руде повышается с 28 до 36%.

Исключение из цикла обогащения 32% отвальной породы и повышение содержания гипса в руде на 8% представляет большую выгоду.

Указанными соображениями определяется выбор бортового содержания двухводного гипса в пластах—15% и среднего содержания гипса в товарной руде—35%.

Сравнение наших данных, рассчитанных исходя из процента выхода проб, с данными геолога Г. Э. Пироева, рассчитанными исходя из мощности пластов, показывает исключительную сходимость результатов. Так, средневзвешенное содержание гипса в интервале, рассчитанное по линейному запасу, близко со средним арифметическим, принятым нами для расчета. Выход пластов по мощности также близок к проценту выхода проб разведки. Соответственно этому сходятся и конечные результаты расчетов. Это позволяет отказаться от учета мощности проб при технологической ти-

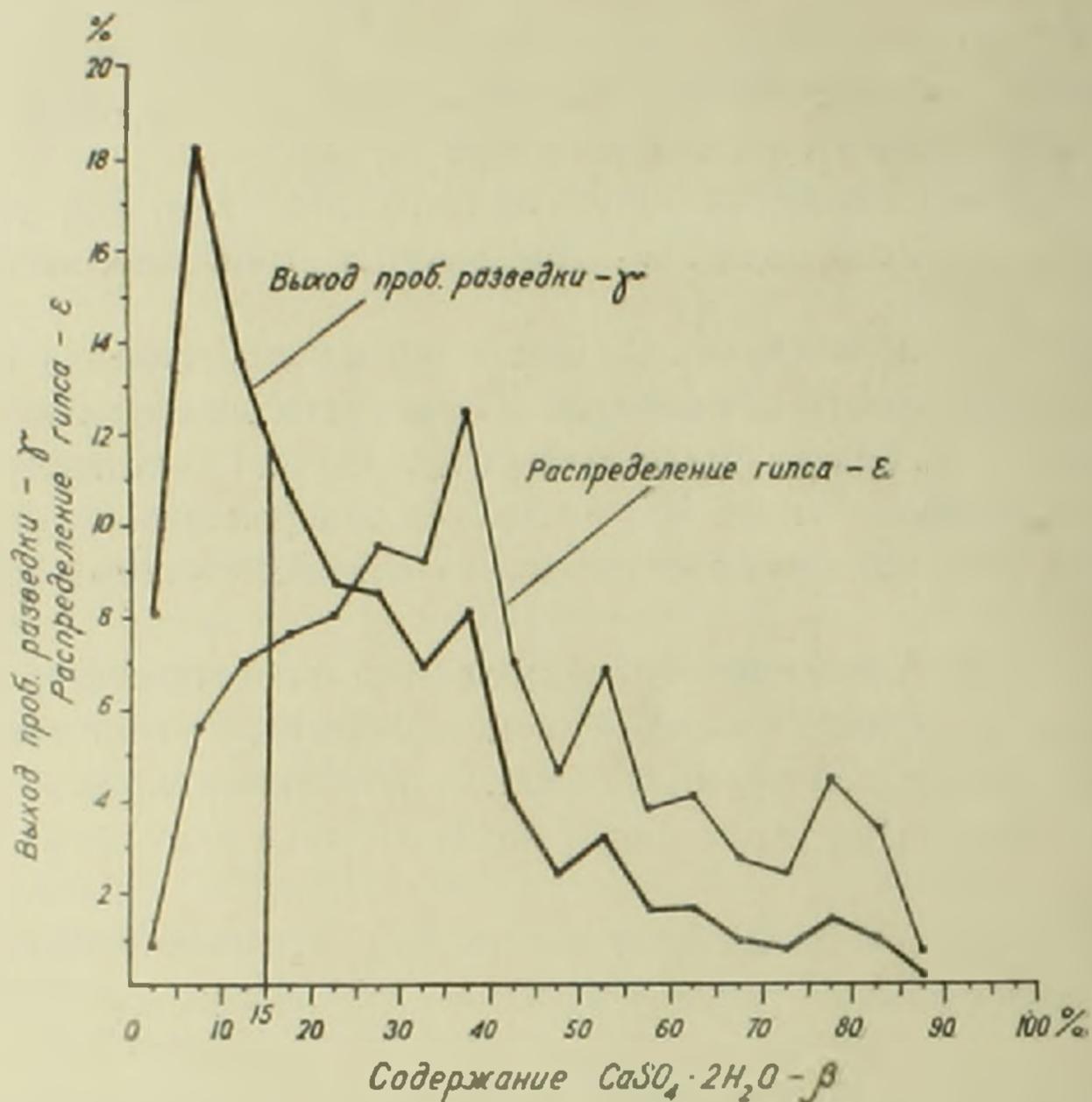
---

\* Работа проведена в Научно-исследовательском горно-металлургическом институте СНХ Армянской ССР в 1958 г. с участием Р. А. Оганесяна и Г. Г. Шехяна. Расчет средневзвешенного содержания гипса по мощности пластов произведен геологом Г. Э. Пироевым.

\*\* Схема обогащения промышленных гипсоносных глин Джрвежского месторождения разработана НИГМИ и испытана в полупромышленных условиях. Получены гипсовые концентраты с кондиционным содержанием двухводного гипса 82—85% при извлечении 87—90%. Хвосты обогащения содержат 7—9% гипса.

лизации и оперировать процентом выхода проб и среднеарифметическим содержанием в интервале, что значительно упрощает расчет.

Сравнение данных прогнозного расчета по ограниченной совокупности 495 проб с конечными данными, рассчитанными на основе полной совокупности 1729 проб детальной разведки, так же показывает достаточную сходимость результатов. Это позволяет применять предложенный способ для прогнозных расчетов в начальной стадии



Фиг. 1.

разведки, с целью характеристики качества сырья и обоснования целесообразности дальнейшей разведки, или бесперспективности данного месторождения.

Из приведенного примера представляется возможным сделать ряд выводов.

Предложенный способ расчета распределения полезного компонента по интервалам его содержания в руде дает возможность представить в виде сжатой цифровой сводки и соответствующих графиков обширный материал детальной геологической разведки и, тем самым, облегчает его анализ. Этот способ применим также для прогнозной оценки месторождения по данным ограниченной совокупности проб начальной стадии разведки.

По указанному способу могут быть определены с заданной точностью такие отличительные признаки, как нижняя и верхняя границы содержания полезного компонента и среднее его содержание в различных типах руд и в горной массе, а также соотношение типов руд

Цифровая сводка распределения двуводного гипса по интервалам его содержания в типах сырья Джриезского гипсового месторождения Армянской ССР

Промышленные типы гипсоносных глин	Интервал содержания гипса	Среднее содержание гипса в интервале	Прогнозный расчет по данным 495 проб				Расчет по выходу проб для полной совокупности				Расчет по мощности пластов для полной совокупности						
			Выход проб разведки		Взвешивание	Распределение	Выход проб разведки		Взвешивание	Распределение	Средневзвешенное содержание	Мощность пластов	Взвешивание (линейный зап.)	Распределение	Выход пластов по мощ.	Средневзвешенное содержание в интервале	
			штук	γ°/о			штук	γ°/о									м
Промышленные гипсоносные глины:	95—100	97,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	90—95	92,5	—	—	—	—	3	0,2	18,5	0,7	—	6,10	558	0,24	0,07	—	91,5
	85—90	87,5	1	0,2	17,5	0,7	3	0,2	17,5	0,6	—	4,50	391	0,17	0,05	—	87,0
	80—85	80,5	5	1,0	82,5	3,4	11	0,6	49,5	1,8	—	33,90	2800	1,19	0,4	—	82,6
Бортовое содержание гипса в пласте 15°/о	75—80	77,5	7	1,4	108,5	4,4	19	1,1	85,2	3,1	—	78,00	6000	2,56	0,9	—	77,0
	70—75	72,5	4	0,8	58,0	2,4	22	1,3	91,3	3,4	—	94,70	6905	2,95	1,1	—	73,0
	65—70	67,5	5	1,0	67,5	2,7	22	1,3	87,7	3,2	—	108,10	7353	3,14	1,2	—	68,0
Среднее содержание в товарной руде—35°/о	60—65	62,5	8	1,6	100,0	4,1	58	3,3	206,3	7,5	—	302,00	18530	7,91	3,5	—	61,5
	55—60	57,5	8	1,6	92,0	3,8	55	3,2	184,0	6,6	—	294,00	17089	7,29	3,4	—	58,0
	50—55	52,5	16	3,2	168,0	6,8	63	3,6	189,0	6,8	—	293,00	15830	6,76	3,4	—	54,0
	45—50	47,5	12	2,4	114,0	4,6	48	2,8	133,0	4,8	—	196,95	9408	4,02	2,3	—	47,7
	40—45	42,5	20	4,0	170,0	7,0	122	7,1	301,7	10,8	—	563,50	23505	10,00	6,6	—	42,5
	35—40	37,5	40	8,1	303,7	12,4	133	7,7	288,8	10,4	—	741,85	27635	11,70	8,7	—	37,2
	30—35	32,5	34	6,1	224,2	9,2	101	5,8	188,5	6,8	—	476,30	15945	6,89	5,6	—	33,5
	25—30	27,5	42	8,5	233,7	9,5	134	7,7	211,7	7,6	—	649,75	17592	7,57	7,6	—	27,0
	20—25	22,5	43	8,7	195,7	8,0	184	10,6	238,5	8,6	—	940,50	21865	9,33	11,0	—	23,3
	15—20	17,5	53	10,7	187,2	7,6	196	11,3	197,8	7,1	—	991,80	18197	7,76	11,6	—	18,3
Итого	15—100	35,3	298	60,1	2122,5	86,6	1174	67,8	2492,0	89,8	36,7*	5774,95	209603	89,48	67,42	—	36,3*
Непромышленные глины	10—15	12,5	67	13,6	170,0	7,0	223	13,0	162,5	5,9	—	1181,26	13640	5,82	13,9	—	11,5
	5—10	7,5	50	18,2	176,5	5,6	252	14,6	109,5	3,9	—	1292,40	10143	4,33	15,18	—	7,8
	0—5	2,5	40	8,1	20,2	0,8	80	4,6	11,5	0,4	—	260,45	864	0,37	3,5	—	3,2
Итого	0—15	8,2	197	39,9*	326,7	13,4	555	32,2*	283,5	10,2	8,8	2734,11	24647	10,52	32,58	—	9,0
Горная масса	0—100	24,5*	195	100,0	2449,2	100,0	1729	100,0	2775,5	100,0	27,7*	8509,06	234250	100,00	100,00	—	27,6

\* Примечание. По данным полной совокупности 1729 проб выход непромышленных глин—32,2°/о—меньше, чем по данным ограниченной совокупности 495 проб—39,9°/о, что объясняется вовлечением в разведку новых площадей. Вследствие этого среднее содержание гипса в горной массе—27,7°/о—соответственно выше, чем по данным прогнозного расчета—24,5°/о. На среднем содержании гипса в товарной руде это колебание сказалось не существенно.

на месторождении и характер распределения полезного компонента в типах по интервалам содержания (кривые распределения).

Цифровая сводка расчета распределения полезного компонента предоставляет широкие возможности для анализа изменений выхода товарной руды из горной массы, среднего содержания в ней полезного компонента и его потерь в зависимости от исключения из подсчета запасов того или иного количества проб разведки, состоящих в данном интервале содержания. На этой основе производится обоснование бортового содержания полезного компонента в пробе и среднего содержания в промышленном блоке запасов.

Таким образом, предложенный нами способ служит расчетной основой для разработки технологической типизации руд, для обоснования кондиций на руды и, в конечном итоге, для оценки месторождений.

Научно-исследовательский  
горно-металлургический институт  
СНХ Армянской ССР

Վ. Ի. ԼՈՒՑԵՆԿՈ

### Քառախիչ կտրերի օգտագործումը հանքանյութերի սեխնոլոգիական և արտադրամասնական համար

Հողվածում բերվում է ստատիկ ցուցանիշների հաշվման նոր եղանակ, որը բնորոշում է հանքանյութերի տեխնոլոգիական տարատեսակները՝ նոր եղանակի հիմք ընդունվում է օգտակար կոմպոնենտի հաշվածման բաշխումը ըստ ինտերվալների պարունակությանը հանքանյութում:

Առաջարկված եղանակի պրակտիկ կողմը տրվում է Ջրվեժի դիպսի հումքի կոնդիցիաները հաստատելու օրինակով:

Նշված եղանակը հնարավորություն է տալիս կարճ թվային աղյուսակի և համապատասխան գրաֆիկների (կտրերի բաշխումը) ձևով պատկերացնել երկրաբանական հետախուզությունը բնորոշող մանրամասն նյութերը և գրանով իսկ հետաքննել նրա անալիզը: Այս եղանակն օգտագործելի է նաև հումքի որակի հետազոտությանը գնահատման գործում, ըստ հետախուզման նախնական շրջանի տվյալներով սահմանափակ նմուշների առկայությունով:

Նշված եղանակով, առաջադրված ճշտությունը կարելի է հաշվել այնպիսի տարրերացուցիչ հատկանիշներ, ինչպես օգտակար կոմպոնենտի պարունակության ստորին ու վերին սահմանները և նրա պարունակությունը տարրեր տեսակի հանքանյութերում և լեռնային գանդվածներում, ինչպես նաև հանքատեսակների հարաբերությունը հանքավայրերում և օգտակար կոմպոնենտի տեղաբաշխման բնույթը տեսակներում ըստ պարունակության ինտերվալների: Հնարավոր է անալիզի ենթարկել՝ ապրանքային հանքանյութի և լքի փոփոխումը լեռնային մասսայից և հանքանյութում օգտակար կոմպոնենտի միջին պարունակությունը: Սրա հիման վրա իրագործված է օգտակար հանածոյի կոմպոնենտի կողային (бортвое) պարունակությունը նմուշում և արտադրական բլոկի պաշարներում — միջին պարունակությունը:

### ЛИТЕРАТУРА — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

<sup>1</sup> В. Г. Соловьев, Методы вариационной статистики в приложении к разведке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых, М., 1939. <sup>2</sup> Основные формулы физики, под редакцией Д. Мензела, М., 1957. <sup>3</sup> В. М. Крейтер и В. И. Бирюков, Принципы разведки месторождений полезных ископаемых, М., 1957. <sup>4</sup> С. И. Митрофанов, Исследование руд на обогатимость, М., 1954.