

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР



КУСТОВОЙ МЕТОД РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МНОГОЗАБОЙНЫМИ СКВАЖИНАМИ
(методические указания)

Ленинград
1970 г.

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
Всесоюзный научно-исследовательский институт методики
и техники разведки (ВИТР)

УДК 622.243.2

КУСТОВОЙ МЕТОД РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ МНОГОЗАБОЙНЫМИ СКВАЖИНАМИ
(методические указания)

ОНИ ВИТР
Ленинград
1970

Составлены Всесоюзным научно-исследовательским институтом методики и техники разведки и изданы в соответствии с планом издания литературы ВИТР

Авторы: В.Г.Соловьев, Ю.Л.Михалкевич, Г.Г.Пежемский
Под редакцией С.С.Мещерякова

УДК 622.243.2

Кустовой метод разведки месторождений полезных ископаемых многозабойными скважинами (методические указания).

Авторы: Соловьев В.Г., Михалкевич Ю.Л., Пежемский Г.Г.
Л., ОНТИ ВИТР, 1970, 3,2 авт.л.

Приведена характеристика кустового метода разведки месторождений полезных ископаемых, основанного на принципе неоднократного пересечения рудного тела стволами многозабойных скважин в каждом пункте образуемой при этом новой разведочной сети.

Установлены понятия и правила применения абсолютных и относительных значений вторичных коэффициентов вариации, характеризующих закономерности распределения оруденения в месторождениях для установления степени представительности данных разведок, проведенных разными методами и вариантами.

Указаны способы расчетов технико-экономических показателей бурения основных и дополнительных стволов многозабойных скважин.

Описаны приемы определения рациональной густоты расположения пунктов разведочной сети и других параметров в разных условиях разведок различными вариантами кустового метода.

Рассмотрены способы установления относительной геолого-экономической эффективности и выбора оптимальных вариантов кустового метода разведки, а также условий и областей его применения.

Таблиц - 8, Рисунков - 5, Библиографий - 25.

В в е д е н и е

Предлагаемые методические указания представляют собой результаты части работ, проводимых ВИТР^{ом} по методике разведки месторождений полезных ископаемых на основе применения многозабойного бурения.

До настоящего времени многозабойные скважины применяются для разведки месторождений полезных ископаемых без изменения существующей методики буровой разведки, проводимой однозабойными скважинами, путем одноразового пересечения рудных тел в каждом пункте разведочной сети. Конструктивно такие многозабойные скважины, именуемые в дальнейшем "обычные", характеризуются большими отходами забоев дополнительных стволов от основного ствола, равными расстояниями между точками принятой разведочной сети и сравнительно большими длинами дополнительных стволов.

Несмотря на возможность существенного снижения затрат средств и объемов бурения на разведку обычными многозабойными скважинами, объемы бурения таких скважин в практике пока ничтожно малы — составляют доли процента от общего объема колонкового бурения на твердые полезные ископаемые.

Проведенные в ВИТР^е исследования на моделях большого количества месторождений цветных и редких металлов и золота, позволили разработать принципиально новый метод буровой разведки, названный кустовым методом разведки многозабойными скважинами.

Приводимые в примерах технико-экономические показатели бурения и дополнительных, и основных стволов многозабойных скважин рассчитаны по нормам действующего с 1969 г. СУСН^а на буровые работы, которые разработаны исходя из существующих технических средств для направленного бурения скважин.

Усовершенствование и разработка принципиально новых технических средств для направленного бурения стволов многозабойных скважин, успешно осуществляемые в последнее время специалистами или коллективами их в разных организациях МГ СССР (снаряд БСНБ конструкции М.П. Олексенко в ВКГУ, снаряд ТЗ-Ш-73 конструкции Ю.С. Костина в ЗАБНИИ и др.) могут обеспечить дальнейшее повышение геолого-экономической эффективности применения кустового метода разведки.

Параметры отдельных вариантов кустового метода разведки и технологии бурения многозабойных скважин будут уточняться и совершенствоваться в процессе их испытания и внедрения.

I. Краткая общая характеристика и свойства кустового метода разведки .

Кустовой метод разведки отличается от существующих методов тем, что в каждом пункте применяемой при этом новой разведочной сети создается не одно пересечение рудного тела, а группа или куст из определенного количества пересечений его стволами применяемых для этих целей многозабойных скважин, на определенных, сравнительно небольших, расстояниях одно от другого, в зависимости от свойств месторождения и условий разведки.

В результате такого расположения пересечений рудного тела резко повышается качество и количество информации, получаемой с каждого пункта разведочной сети о содержании компонентов, об истинной мощности и элементах залегания рудного тела, о характере и направлении изменчивости оруденения и пр.

Резкое повышение полноты и точности информации в каждом пункте разведочной сети позволяет значительно сократить количество таких пунктов при одновременном увеличении общего количества пересечений рудного тела и обеспечить более высокое качество разведки при значительно меньших объемах бурения и затратах рабочего времени.

Относительная эффективность кустового метода разведки возрастает по мере увеличения глубины залегания разведываемых частей рудных тел. Поэтому, а также в связи с высокой представительностью информации, получаемой с каждого пункта разведочной сети, появляется возможность эффективной разведки значительно более глубоких частей месторождения и существенно повысить полноту выявления и прироста запасов руды и металлов в разведываемых объектах, по сравнению с разведкой существующими методами, без увеличения объемов бурения и ассигнований на разведку.

II. Установление представительности данных, получаемых с каждого пункта разведочной сети при кустовом методе разведки .

1. Первичный коэффициент вариации .

Геолого-экономическая эффективность применения и другие свойства различных вариантов кустового метода разведки обусловлены, главным образом, характером и степенью представительности данных, получаемых с отдельных пунктов разведочной сети, в зависимости от количества пересечений рудного тела в каждом из этих пунктов и от расстояния между такими пересечениями.

Степень представительности данных, получаемых с каждого пункта разведочной сети, проще всего и надежнее всего, для рассматриваемых целей может быть выражена коэффициентами вариации.

Коэффициент вариации (V), характеризующий степень изменчивости оруденения, может служить мерой средней относительной погрешности определения средней величины изучаемого признака или параметра (содержание компонента, мощность и др.) разведываемого объекта по данным одной ординарной или групповой пробы или по данным одnorазового или группового пересечения рудного тела стволами буровой скважины в одном пункте разведочной сети. Коэффициент вариации (V) может быть выражен через относительную погрешность (m') определения средней величины данного признака или параметра известным уравнением вариационной статистики:

$$V = \frac{m' \cdot \sqrt{N}}{t} \quad (I), \text{ где } N - \text{количество}$$

проб или пунктов разведочной сети, а t - коэффициент вероятности. Коэффициенты вариации, вычисляемые по данным единичных проб или пересечений рудного тела (отдельные бороздовые пробы в горных выработках, пересечения рудного тела однозаконными или обычными многозаконными скважинами или канавами и т.п.), в дальнейшем именуются первичными коэффициентами вариации и обозначаются символом (V_1).

2. Вторичные коэффициенты вариации и способы их вычисления

Коэффициенты вариации, вычисляемые по данным групповых проб, получаемых путем объединения материала одиночных проб или путем вычисления средних значений признака по данным опробования пересечений рудного тела стволами многозаконной скважины в одном пункте разведочной сети, именуются в дальнейшем вторичными коэффициентами вариации и обозначаются символом V_{nh} , где индекс n - указывает на количество объединяемых проб или пересечений рудного тела в одном пункте разведочной сети, а h - расстояние между такими пересечениями или пробами.

Так, например, вторичный коэффициент вариации, вычисленный по данным трехзаконных скважин, обеспечивающих трехкратное пересечение рудного тела в каждом пункте разведочной сети на расстояниях 10 м одно от другого, будет обозначаться символом $V_{3,10}$.

Вторичные коэффициенты вариации выражают представительность данных, получаемых с каждого пункта разведочной сети и определяются, при прочих равных условиях количеством n пересечений рудного тела в каждом пункте и расстояниями h между пересечениями.

Для вычисления вторичных коэффициентов вариации необходимо иметь данные достаточно большого количества определений изучаемого признака (содержание компонента, мощность, элементы залегания и др.) по пробам или замерам его в плоскости рудного тела, отобранным на сравнительно небольших расстояниях одно от другого. В качестве таких данных могут служить результаты анализа и документации бороздовых проб, отобранных в продольных горных выработках (штольни, штреки, восстающие, уступы выемочных блоков и т.п.) на обычных расстояниях около 2-5 м одна от другой. По результатам опробования и документации, нанесенным на геологические планы, составляется первичный цифровой ряд значений изучаемого признака путем расположения этих значений в порядке, отвечающем действительному расположению их в плоскости рудного тела.

Составленный таким образом первичный цифровой ряд служит как для вычисления первичного коэффициента вариации (V_1), так и для составления вторичных цифровых рядов.

Для составления вторичных цифровых рядов, относящихся к вариантам того или иного объединения проб, вычисляются средние значения изучаемого признака в групповых пробах (пересечениях), образуемых путем последовательного объединения соответствующих цифр первичного ряда по две, по три, по четыре, по пять, расположенных на определенных расстояниях одна от другой (смежные, через одну, через три и т.д.) в зависимости от того, какой или какие из вариантов требуется рассчитать.

Пример: Из цифр первичного ряда $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{n-1}, X_n$ составлены вторичные цифровые ряды для разных вариантов объединения проб следующим образом:

а) из двух пересечений (проб), расположенных на расстояниях, равных расстояниям (ℓ) между единичными пересечениями или пробами, т.е. по смежным пробам или цифрам в ряду -

$$(X_1 + X_2) : 2 ; (X_2 + X_3) : 2 \dots (X_{n-1} + X_n) : 2$$

б) из смежных цифр по четыре -

$$(X_1 + X_2 + X_3 + X_4) : 4 ; (X_2 + X_3 + X_4 + X_5) : 4 \text{ и т.д.}$$

в) из цифр, расположенных через три (на расстояниях, равных четырем ℓ) по три : $(X_1 + X_5 + X_9) : 3 ; (X_2 + X_6 + X_{10}) : 3 \text{ и т.д.}$

Для составленных таким образом новых, вторичных, цифровых рядов по известным формулам вариационной статистики вычисляются среднее арифметическое значение данного признака - $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n_i}$; среднее квадратичное отклонение - $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n_i}}$ и коэффициент вариации - $V = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X}} \%$.

Таблица 1

Средние абсолютные значения вторичных коэффициентов вариации содержания металлов в месторождениях разных полезных ископаемых.

Наименование месторождений	Метал- лы	К-во учтен- ных проб, шт.	Количество пересечений в каждом пункте разведочной сети														
			Одно	два			Три			Четыре			Пять				
				Расстояния между пересечениями, м													
				5	10	20	5	10	20	5	10	20	5	10	20		
			Абсолютные значения коэффициента вариации -V _I														
Лифудзинское	Sn	699	208	163	151	149	137	126	122	120	112	106	110	101	94		
Хрустальное	Sn	2053	199	155	151	146	136	129	122	125	115	105	115	104	93		
Хапчеранга	Sn	969	180	142	136	131	124	114	110	110	104	94	100	93	84		
Валькумей	Sn	425	178	134	132	128	116	111	104	107	100	89	98	89	79		
Смирновское	Sn	1416	175	132	126	124	110	106	102	96	93	91	88	83	81		
Эге-Хая	Sn	314	153	115	112	110	96	95	93	87	86	83	81	80	78		
Адыс-Хая	Sn	130	113	81	80	79	68	66	65	60	59	56	54	51	50		
Иультин	Sn	90	113	81	80	79	68	67	66	61	59	58	53	51	50		
Депутатское	Sn	100	75	58	57	54	46	46	43	40	39	38	37	36	33		
Холтосон	WO ₃	629	126	95	94	92	81	79	78	73	70	67	68	64	62		
Иультин	WO ₃	90	119	88	86	83	75	70	68	64	62	61	55	55	54		
Курултыкен	Pb	269	130	105	98	96	92	83	76	85	73	66	77	63	57		
Алгачинское	Pb	210	122	97	95	92	86	84	81	78	77	72	75	70	63		
Смирновское	Pb	1291	112	88	87	84	78	77	72	75	72	66	70	65	62		
Алгачинское	Zn	88	150	123	115	109	109	99	92	100	90	80	94	82	68		
Курултыкен	Zn	268	121	92	90	88	81	79	75	71	69	67	65	61	54		
Смирновское	Zn	844	80	62	60	58	54	52	50	50	48	43	47	43	40		
Жданное	Au	109	424	326	305	297	276	246	241	240	216	212	216	191	187		
Утинское	Au	1650	229	170	166	162	148	138	133	130	121	117	120	112	104		
Дарасун	Au	3414	198	158	154	149	141	134	128	131	125	113	122	113	103		
Никитовское	Hg	168	156	126	113	109	114	92	89	94	80	78	75	70	69		
Ниттис-Кумужье	Cu	531	87	70	67	64	61	58	54	56	51	47	52	48	41		
Ниттис-Кумужье	Ni	208	18	14	13	12	14	11	11	12	10	9	10	9	8		
Среднее:			151	116	112	109	101	94	90	90	84	80	82	75	70		

ПРИМЕЧАНИЕ: Средние значения коэффициентов вариации по каждому месторождению выведены способом среднего арифметического по коэффициентам вариации, вычисленным по данным опробования отдельных выработок, горизонтов, блоков.

В таблице I приведены первичные и вторичные коэффициенты вариации с тремя, четырьмя и пятью пересечениями рудного тела в каждом пункте разведочной сети на расстояниях 5м, 10 и 20 м одно от другого, для 23 месторождений разных групп и типов, по содержанию в них ведущего металла. Эти коэффициенты выведены методом среднего арифметического из коэффициентов, относящихся к отдельным горизонтам, блокам или рудным телам соответствующих месторождений, вычисленных по данным анализа около 17 тысяч проб и сведенных в цифровые ряды указанными выше способами. По мере увеличения количества (n) пересечений рудного тела в каждом пункте разведочной сети, данные по которым рассматриваются как одна групповая проба, и по мере увеличения расстояний (h) между такими пересечениями, наблюдается последовательное закономерное уменьшение значений вторичных коэффициентов вариации (табл. I).

Если ко времени начала проектирования буровой разведки кустовым методом глубоких горизонтов конкретного месторождения отсутствуют данные детального опробования горных выработок указанного выше типа, необходимые для вычисления вторичных коэффициентов вариации, то приближенные значения их могут быть приняты по аналогии с другими месторождениями, близкими ему по характеру распределения оруденения или по типу изменчивости, для которых такие коэффициенты были определены ранее.

В таких случаях, а также для выбора оптимальных вариантов разведки и сопоставления параметров этих вариантов между собой и с параметрами существующего метода разведки, и для решения других вопросов разведки кустовым методом, удобнее пользоваться не абсолютными значениями коэффициентов вариаций, а относительными.

3. Относительные значения вторичных коэффициентов вариации и их свойства

Относительные значения вторичных коэффициентов вариации (V'_{nh}) представляют собой абсолютные (V_{nh}) их значения, выраженные в процентах к соответствующим абсолютным значениям первичных коэффициентов вариации (V_i), которые принимаются в этом случае за 100%, т.е.

$$V'_{nh} = \frac{V_{nh}}{V_i} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2).$$

Относительные значения вторичных коэффициентов вариации при данном количестве объединяемых в групповую пробу пересечений уменьшаются по мере увеличения расстояний между пересечениями только до известных пределов.

Предельное минимальное относительное значение вторичных коэффициентов вариации (V'_{nh}) при пяти объединяемых пробах равно 44%, при четырех - 50%, при трех - 57% и при двух - 70%, т.е. $V'_5 = 44\%$; $V'_4 = 50\%$;

$$V'_3 = 57\% \quad \text{и} \quad V'_2 = 70\%.$$

Таблица 2
Средние относительные значения вторичных коэффициентов вариации содержания металлов
в месторождениях разных полезных ископаемых

Наименование месторождения	Металлы	Кол-во участ- ных проб, шт.	Количество пересечений в каждом пункте разведочной сети																
			Одно	Два		Три				Четыре				Пять					
				Расстояние между пересечениями, м															
				5	10	20	40	5	10	20	40	5	10	20	40	5	10	20	40
				Относительные значения коэффициентов вариации -															
Диффузное	Sn	699	208	78	73	72	71	66	60	59	58	58	54	51	50	53	49	45	44
Хрустальное	Sn	2053	199	79	76	73	70	69	65	61	59	63	58	53	52	58	53	47	45
Халчерента	Sn	969	180	79	75	73	72	69	64	61	59	61	58	52	51	56	50	46	45
Вальхуей	Sn	425	178	75	74	73	71	65	62	58	57	60	56	50	50	55	50	44	44
Сипровское	Sn	1416	175	74	72	71	70	62	60	58	57	55	53	52	51	50	48	46	45
Эте-Хая	Sn	314	153	75	73	72	71	63	62	61	59	57	56	54	52	53	52	51	49
Альс-Хая	Sn	130	113	72	71	70	70	60	58	57	57	53	52	50	50	48	45	44	44
Иульгин	Sn	90	113	72	71	70	70	60	59	58	57	54	52	51	50	47	45	44	44
Депутское	Sn	100	75	78	76	72	71	62	61	57	57	53	52	50	50	44	44	44	44
Холтосон	WO ₃	629	126	76	74	73	72	64	62	60	58	58	55	53	52	53	50	48	47
Иульгин	WO ₃	90	119	74	72	70	70	62	59	57	57	54	52	51	50	46	46	45	44
Курултикен	Pb	269	130	81	75	74	72	73	64	60	58	65	56	51	50	59	49	44	44
Алтайское	Pb	210	122	80	78	76	73	72	69	66	63	64	63	59	54	62	58	52	49
Сипровское	Pb	1291	112	80	79	76	74	71	70	64	61	67	64	58	54	65	58	53	50
Алтайское	Zn	88	150	82	77	73	73	73	66	61	59	67	60	53	51	63	55	45	44
Курултикен	Zn	268	121	77	76	73	72	67	65	61	59	59	57	55	53	54	50	44	44
Сипровское	Zn	844	80	77	75	73	72	68	65	62	60	62	60	54	52	58	53	49	47
Джанное	Al	109	424	77	72	70	70	65	58	57	57	57	51	50	50	51	45	44	44
Улукское	Al	1650	229	74	73	71	70	64	60	58	57	57	53	51	50	51	48	45	44
Дарасун	Al	3414	198	80	78	76	73	72	68	65	63	66	63	57	54	63	58	52	48
Никитовское	Hg	168	156	81	72	70	70	73	59	57	57	60	51	50	50	47	45	44	44
Никитин-Кучукское	Cu	531	87	80	77	73	71	70	67	62	60	64	59	54	52	60	55	47	45
Никитин-Кулукское	Ni	208	18	83	76	73	72	75	65	63	61	66	56	52	51	61	54	45	44
Среднее значение:			151	78	74	72	71	67	63	60	59	60	56	53	51	55	51	46	45

Примечание: Средние значения коэффициентов вариации для каждого месторождения выделены из среднего арифметического на коэффициентов вариации, вычисленных по данным опробования отдельных заборок, горизонтов или блоков.

Эти предельные значения могут быть получены на основе равенства:

$$V_{nh}' = \frac{V_i'}{\sqrt{n}} = \frac{100}{\sqrt{n}} \quad (3), \text{ где } n - \text{количество пересечений рудного тела в одном пункте разведочной сети.}$$

Вычисляемые указанным выше способом относительные значения вторичных коэффициентов вариации, иногда, уже при сравнительно небольших расстояниях (20 м) между пересечениями, оказываются равными или даже меньшими предельных минимальных их значений для данного количества объединяемых единичных проб в групповую.

В других случаях, иногда, относительные значения коэффициентов вариации, относящиеся к большим расстояниям между пересечениями имеют бо́льшую величину, чем относящиеся к меньшим расстояниям, при одном и том же количестве объединяемых проб или пересечений. Такие отклонения от нормальных их значений бывают обусловлены или ошибками в вычислениях, или недостаточным количеством участвующих в таких подсчетах исходных проб. В первом из указанных случаев, если нет других возможностей (например, увеличения числа проб), значения коэффициентов меньшие предельных следует заменить минимальными предельными их значениями, а во втором случае - соответствующие коэффициенты следует поменять местами.

В табл.2 приведены средние абсолютные значения первичных и откорректированные средние относительные значения вторичных коэффициентов вариации, для вариантов с двумя, тремя, четырьмя и пятью пересечениями рудного тела в каждом пункте разведочной сети на расстояниях 5 м, 10 м, 20 м и 40 м одно от другого, для некоторых месторождений разных групп и типов, по содержанию в них ведущего металла. Эти коэффициенты для расстояний между пересечениями в 5 м, 10 м и 20 м отвечают соответствующим абсолютным значениям коэффициентов вариации, приведенным в табл.1, а для расстояний в 40 м - вычислены путем обоснованной экстраполяции предшествующих изменений их по мере увеличения расстояний (h) между пересечениями.

Относительные значения вторичных коэффициентов вариации относящиеся к одному и тому же варианту, но к различным объектам, колеблются, как это видно из табл.2 , в сравнительно узких пределах, во много раз или даже в десятки раз более узких, чем колебания абсолютных значений отвечающих им первичных коэффициентов вариации и не зависят от абсолютной величины последних.

Характер и размеры этих колебаний обусловлены, как показывает наблюдения, главным образом, типами изменчивости оруденения и закономерностями локального его распределения.

Поэтому в месторождениях одного и того же или близкого типа изменчивости и распределения оруденения, относительные значения вторич-

ных коэффициентов вариации будут практически почти одинаковыми, хотя отвечающие им абсолютные значения первичных коэффициентов вариации (V_i), в этих месторождениях могут быть резко различными.

Этим свойством рассматриваемых коэффициентов (V_{nh}) удобно пользоваться при проектировании разведок и выборе оптимальных вариантов разведки конкретного объекта, особенно в тех случаях, когда во времени проектирования, отсутствуют данные детального опробования и возможность определения значений вторичных коэффициентов вариации.

III. Методы расчета технико-экономических показателей бурения многозабойных скважин при проектировании разведки кустовым методом

1. Проектирование рационального двухинтервального профиля дополнительного ствола многозабойной скважины

При определении параметров рационального профиля дополнительного ствола многозабойной скважины определяются глубина забуривания дополнительного ствола из основного, его длина, проектные зенитные углы и азимуты по всей его длине, а также необходимый объем работ по выведению его в заданную точку. В.Г. Вартыняном и А.М. Курмаевым (1969 г.) установлено, что если при искусственном некреплении скважины происходит снижение производительности бурения, то наиболее рациональным профилем дополнительного ствола будет смешанный двухинтервальный профиль, состоящий из верхнего криволинейного участка, и нижнего прямолинейно-наклонного.

Чтобы предельно упростить расчеты, связанные с определением технико-экономических показателей, принимается, что дополнительный ствол лежит в апсидальной плоскости основного. Кроме того принимаем, что расстояние h между пересечением рудного тела основным и дополнительными стволами, задаваемое геологической службой, есть отход H , если предполагаемый угол встречи δ основного ствола с плоскостью рудного тела больше 60° (рис.1); если же $\delta < 60^\circ$, то

$$h = h \cdot \sin \delta$$

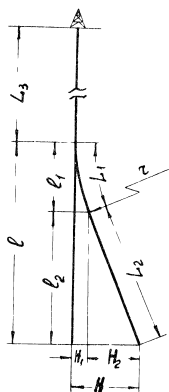


Рис. 1. Схема к расчету рационального профиля дополнительного ствола многозабойной скважины, проводимого в апсидальной плоскости основного ствола.

Исходными данными для проектирования являются глубина скважины L и заданный отход H .

Расчет профиля производится по формулам, приведенным в табл.3.

Таблица 3

Элементы рационального профиля дополнительного ствола	Формула
1	2
1. Радиус кривизны γ , м	$\gamma = \frac{57,3}{\tau}$
2. Отход забоя дополнительного ствола от основного на криво- линейном участке, H_1 , м	$H_1 = \gamma(1 - \cos \psi)$
3. Отход забоя дополнительного ствола от основного на прямолинейном участ- ке, H_2 , м	$H_2 = H - H_1$
4. Проекция криволинейного участка на ось основного ствола, l_1 , м,	$l_1 = \gamma \cdot \sin \psi$
5. Проекция прямолинейного участка на ось основного ствола, l_2 , м,	$l_2 = \frac{H_2}{\tan \psi}$
6. Длина криволинейного участка, L_1 , м	$L_1 = \frac{\psi}{\tau}$
7. Длина прямолинейного участка, L_2 , м	$L_2 = \frac{H_2}{\sin \psi}$
8. Общая длина дополнительного ствола, $L_{\text{от}}$, м	$L_{\text{от}} = L_1 + L_2$
9. Глубина забуривания дополнительного	

ствода (по буровому инструменту), $L_3, м$ $L_3 = L - (l_1 + l_2)$
 10.Количество постановок отклоняющих снарядов (n) $n = \frac{\Psi}{\beta}$

В табл.3 - [REDACTED] i - интенсивность искусственного искривления в град/м.

Её величина выбирается исходя из возможностей технических средств и геолого-технических условий бурения на данном месторождении. При использовании существующих конструкций технических средств для направленного бурения величина i может колебаться в пределах 0,1 - 0,3 град/м. При проведении опытной разведки на участке Октябрьского месторождения для расчета технико-экономических показателей бурения многозабойных скважин, как наиболее реальное в данных условиях принималось $i = 0,15$ град/м. В расчетах технико-экономических показателей различных вариантов кустового метода разведки, приводимых в настоящей работе, в том числе в табл.5, значение i принято равным 0,16 град/м; Ψ - оптимальный набор кривизны на криволинейном участке дополнительного ствола, необходимый для достижения заданной точки пересечения рудного тела. От величины $\Psi_{\text{опт.}}$ зависит соотношение всех элементов рационального двухинтервального профиля. В.Г.Вартыняном и А.М.Курмашевым (1969 г.) была установлена следующая эмпирическая зависимость для нахождения $\Psi_{\text{опт.}}$:

$$\Psi_{\text{опт.}} = 2 \sqrt{H}, \quad (5)$$

где H - заданный отход, м.

При установлении указанной зависимости авторы определяли затраты времени по сборнику укрупненных норм для проектирования геолого-разведочных работ, вып. 5, 1960 г. (табл.5, 40, 41, 42).

Если же воспользоваться для определения затрат времени аналогичным справочником вып. 5, 1969 г. (табл.4, 51, 52), то формула (5) будет выглядеть следующим образом:

$$\Psi_{\text{опт.}} = 2,8 \sqrt{H} \quad (6)$$

В дальнейшем для определения оптимального набора кривизны была принята следующая формула:

$$\Psi_{\text{опт.}} = a \sqrt{H}, \quad (7)$$

где a - коэффициент, зависящий от фактического соотношения затрат времени на искусственное искривление и на бурение, который может колебаться в пределах 1,8 - 3,0. Чем более при искусственном искривлении снижается производительность бурения, тем меньше будет коэффициент "а". Рекомендуется вычислять его значения в зависимости либо

от фактических условий для каждого месторождения, либо, если разведка на месторождении только начинается — применять (в целях запаса надежности расчетов) более низкие из возможных его значений , например, равное 2,0 с последующей корректировкой в зависимости от фактических условий;

β — набор кривизны , град., отклоняющим снарядом за один цикл искривления, который зависит от возможностей технических средств для искусственного искривления скважин. При использовании технических средств конструкции ВИТР"а принимается обычно равным $\beta = 2^{\circ}$. Для облегчения и ускорения нахождения элементов рационального двухинтервального профиля дополнительного ствола, когда он проводится в апсидальной плоскости основного или под незначительным углом к ней ($\psi < 15^{\circ}$), рассчитана номограмма (Вартыкин и др., 1969 г.), рис.2.

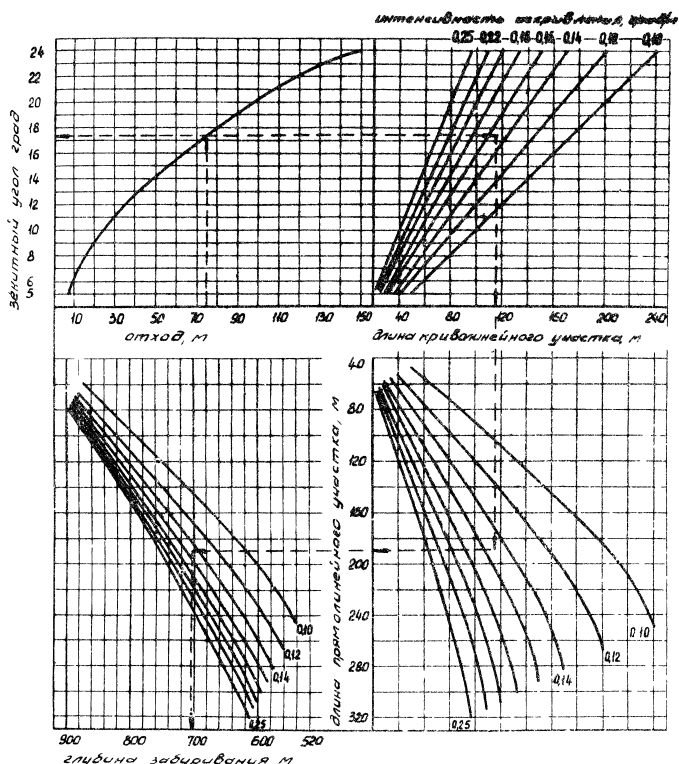


Рис. 2. Номограмма для расчета элементов двухинтервального профиля дополнительного ствола многосабойной скважины.

Номограмма содержит четыре шкалы. В левом верхнем квадранте построена зависимость $\psi_{\text{опт.}} = 2\sqrt{H}$. Правые верхний и нижний квадранты служат для определения длины криволинейного и прямолинейного участков. По левому нижнему квадранту можно определить глубину забуривания дополнительного ствола. Эта шкала рассчитана для скважин глубиной 1000 м. Если глубина основного ствола в ту или иную сторону отличается от 1000 м, то при определении глубины забуривания следует к полученному по номограмме значению глубины забуривания прибавить (если глубина основного ствола больше 1000 м) или из него вычесть (если $L < 1000$ м) разницу между фактической глубиной основного ствола L и 1000 м. Остальные шкалы номограммы пригодны для любой глубины скважины. Номограмма позволяет определять элементы профиля дополнительных стволов с отходами забоев от 5 до 150 м и с интенсивностью искривления на криволинейном участке от 0,1 до 0,25 град/м. Схема пользования номограммой показана на рис. 2 для следующего примера. Из пробуренной скважины, пересекающей рудное тело на глубине 800 м, требуется пробурить дополнительный ствол с отходом от основного $H = 75$ м.

Интенсивность искусственного искривления на данном месторождении может быть принята 0,15 град/м.

По номограмме имеем:

$$\psi_{\text{опт.}} = 17^{\circ}20'; \quad L_1 = 115 \text{ м}; \quad L_2 = 190 \text{ м}; \quad L_3 = 705 - (1000 - 800) = 505 \text{ м}.$$

Необходимо отметить, что указанный метод проектирования пригоден только для идеальных условий и его следует применять лишь в тех случаях, когда необходимо запроектировать объемы бурения и затраты времени на разведку месторождения.

Непосредственно перед забуриванием дополнительного ствола его профиль необходимо рассчитывать в зависимости от конкретных условий, т.е. от угла встречи основного ствола с плоскостью тела полезного ископаемого, от криволинейности основного ствола на его нижнем участке, от расположения заданной точки пересечения вне апсидальной плоскости основного ствола (Вартмян В.Г., Михалкевич Ю.Л., 1970 г.).

2. Пример расчета объемов бурения и затрат времени на проходку многозабойной скважины

Определение затрат времени на бурение многозабойных скважин с кустовым пересечением рудного тела можно рассмотреть на следующем примере.

Предполагаемая глубина залегания полезного ископаемого — 1000 м. Необходимо рассчитать затраты времени на проходку трехзабойной скважины с отходом (h) дополнительного ствола от основного равным 50 м. Залегание рудного тела горизонтальное, угол встречи основного ствола

да с плоскостью полезного ископаемого не менее 60° . Средняя категория пород по буримости - УШ. Из опыта направленного бурения на данном месторождении выбираем интенсивность искусственного искривления равной $i = 0,16$ град/м и принимаем коэффициент "а" в формуле (7) равный 2,8 . По формулам табл. 3 имеем:

$$\varphi_{\text{опт.}} = 20^\circ ; L_1 = 125 \text{ м} ; L_2 = 83 \text{ м} ; L_3 = 800 \text{ м} ; n = 10 .$$

Общая длина $L_{\text{от}}$ дополнительного ствола в нашем примере с учетом бурения после рудного тела на глубину $50\% h$, будет равна:

$$L_{\text{от}} = L_1 + L_2 + 50\% h = 125 + 83 + 25 * 233 \text{ п. м.}$$

Постановок отклоняющих снарядов : стационарный клин - I; съемных клиньев - 10 . Так же, из опыта направленного бурения на месторождении предусматриваем для выведения основного ствола в заданную точку 4 постановки отклоняющих снарядов. Таким образом , общий метраж бурения проектной трехзабойной скважины составит:

$$1050 + (2 \times 233) = 1516 \text{ п.м.}$$

Затраты времени на бурение рассчитываем по Справочнику укрупненных проектно-сметных нормативов на геолого-разведочные работы (СУСН) вып.5, 1969 г., (табл.2 п.в.; 4;5). Затраты времени на постановку стационарных клиньев, отбурку от них и на геофизические исследования также берем из СУСН, вып.1969, табл.52; 51. Нормы времени на спуск, посадку, ориентирование, отбурку и подъем отклоняющих снарядов имеются в "ЕНВ " на бурение разведочных структурнопоисковых и картировочных скважин", 1968, § 33, а. Время на замедленное бурение на длине искривления длиной 9м определяем по установленным нормам на алмазное бурение с применением коэффициента 1,67 ("ЕНВ", §33,б). Все затраты времени непосредственно связанные с искривлением отклоняющим снарядом мы определяем как сумму времени на их постановку и замедленное бурение на последующем интервале длиной 9 м. В таблице 4 приводятся нормы времени на одно искривление отклоняющими снарядами, вычисленные указанным способом:

Таблица 4

интервал глубины, м:		норма вре-		интервал глу-		норма времени	
		: мин, ст, см.:		: мин, м		: ст, см.	
0	- 100	:	1,87	:	800- 900	:	8,84
100	- 200	:	2,09	:	900-1000	:	4,16
200	- 300	:	2,28	:	1000-1100	:	4,50
300	- 400	:	2,43	:	1100-1200	:	4,92
400	- 500	:	2,71	:	1200-1300	:	5,88
500	- 600	:	2,96	:	1300-1400	:	5,90
600	- 700	:	3,28	:	1400-1500	:	6,46
700	- 800	:	3,53	:	1500-1600	:	7,04

Таблица 5

Пример расчета затрат времени и объемов бурения на проходку основных и дополнительных стволов в разных условиях.

Расстояние между пересечениями, м	Глубина бурения м.	Интервал бурения, м		Длина, м			Набор кривизны φ град.	Количество постановок клиньев $n = \frac{\varphi}{\alpha}$	Затраты времени, ст-см			
		Без отбора керна	С отбором керна	Криволинейн. участка L_1	Прямолинейн. участка L_2	Общая длина доп. ствола $L_1 + L_2 + L_3$			На бурение	На постановки клиньев	На инклинометрию	Общее количество
	500	0-250	251-550	-	-	550	-	-	2	206	5	213
	1000	0-500	501-1050	-	-	1050	-	-	4	544	13	561
	1500	0-750	751-1550	-	-	1550	-	-	6	1026	24	1058
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СТОЛЫ												
5	500	435-468	468-502	39	25	67	435	6	3+I	31	10	42
10		409-457	457-506	56	36	97	409	9	5+I	45	16	62
20		370-438	438-511	78	58	141	370	12,5	6+I	66	18	85
25		358-438	438-518	88	60	160	358	14	7+I	74	20	96
40		320-423	423-526	113	73	206	320	18	9+I	95	25	122
50		300-416	416-533	125	83	233	300	20	10+I	107	27	136
80		248-405	405-555	157	110	307	248	25	13+I	136	34	173
100		223-397	397-572	175	124	349	223	28	14+I	153	35	190
150	1000	166-389	389-612	212	159	446	166	34	17+I	193	42	238
200		151-396	396-662	250	181	531	151	40	20+I	234	48	286
5		935-968	968-1002	39	25	67	935	6	3+I	50	16	67
10		909-957	957-1006	56	36	97	909	9	5+I	72	24	97
20		870-938	938-1011	78	58	141	870	12,5	6+I	104	28	134
25		858-938	938-1018	88	60	160	858	14	7+I	117	32	151
40		820-923	923-1026	113	73	206	820	18	9+I	150	39	191
50		900-916	916-1033	125	83	233	800	20	10+I	170	43	215
80	1500	748-905	905-1055	157	110	307	748	25	13+I	222	53	278
100		723-897	897-1072	175	124	349	723	28	14+I	254	56	313
150		666-889	889-1112	212	159	446	666	34	17+I	324	65	393
200		631-896	896-1162	250	181	531	631	40	20+I	390	75	470
5		1435-1468	1468-1502	39	25	67	1435	6	3+I	60	25	86
10		1409-1457	1457-1506	56	36	97	1409	9	5+I	88	38	128
20		1370-1438	1438-1511	78	58	141	1370	12,5	6+I	129	43	174
25		1358-1438	1438-1518	88	60	160	1358	14	7+I	146	49	193
40	1500	1320-1423	1423-1526	113	73	206	1320	18	9+I	188	60	251
50		1300-1416	1416-1533	125	83	233	1300	20	10+I	213	67	283
80		1248-1405	1405-1555	157	110	307	1248	25	13+I	279	82	364
100		1223-1397	1397-1572	175	124	349	1223	28	14+I	320	85	408
150		1166-1389	1389-1612	212	159	446	1166	34	17+I	410	100	515
200		1131-1396	1396-1662	250	181	531	1131	40	20+I	493	114	607

При достаточной изученности геологического разреза пород до 50% проходки основных стволов и до 50% верхней части дополнительных стволов можно бурить сплошным забоем, т.к. на этом интервале дополнительный ствол находится в непосредственной близости от основного.

Затраты считаем по табл. 4 и 6, СУСН, вып. 5, 1969 г. причем с момента начала установки отклоняющих снарядов (с глубины 500 м) для направления скважины в заданную точку к затратам времени на бурение применяем коэффициент 1,15 (СУСН, вып. 5, табл. 2, п.е.). Всего на проходку основного ствола потребуется - 561 ст.см.

Затраты времени на бурение дополнительного ствола так же считаем по СУСН, вып. 5, табл. 4 и 6, с коэффициентом 1,15. На проходку одного дополнительного ствола потребуется - 170 ст.см.

Затраты времени на установку отклоняющих снарядов определяем по табл. 4 настоящего раздела, а на установку стационарного клина - табл. 52 того же СУСН. Всего на эти операции необходимо 45 станко-смен. Таким образом, на бурение одной трехзабойной скважины будет затрачено:

$$561 + 2 (170 + 45) = 991 \text{ ст. см.}$$

В табл. 5 для примера приводятся расчетные затраты времени и объемы бурения на проходку основных и дополнительных стволов при различных отходах и разной глубине залегания полезного ископаемого. Таблица составлена для тех же условий, что и рассмотренный нами пример, т.е. : средняя категория пород по буримости - УШ, $\psi = 2,8\sqrt{H}$;

$$i = 0,16 \text{ град/ м.}$$

IV. Установление рациональной густоты расположения пунктов разведочной сети и количественных значений других параметров при кустовом методе разведки

1. Основные принципы существующей методики разведки

Погрешность определения средних параметров разведываемого объекта и подсчета запасов руд и металлов зависит, как известно [17], не от густоты разведочной сети, а от количества пересекающих его выработок. Запасы, разведанные редкой сетью выработок на большой площади, квалифицируемые в таких случаях по низким категориям (C_1), могут обладать меньшей погрешностью, чем запасы, разведанные густой сетью выработок на небольшом участке того же месторождения, квалифицируемые по более высоким категориям ($B; A_2$).

В существующей практике разведка месторождений и квалификация запасов руд полезных ископаемых по категориям осуществляется на ос-

нове принципа регламентированной густоты разведочной сети и степени разведанности, а не на степени погрешности и надежности данных разведки.

Приводимые в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов полезных ископаемых примерные расстояния между выработками разведочной сети, для выделяемых широких групп или типов месторождений, представляют собой некоторые средние значения их, взятые из опыта разведки разнообразных месторождений, обеспечивающие не регламентированную, но почти всегда высокую или сверхвысокую степень точности и надежности подсчитываемых по промышленным категориям запасов руды и металлов и определения других параметров объекта в разведанных его контурах.

Хотя на излишества в разведке — обычную переразведку и некоторые другие отрицательные стороны, связанные с применением регламентированных разведочных сетей, указывали многие специалисты (10, 12, 14, 16, 18, 22), поиски других, более приемлемых принципов разведки, найти и обосновать не удалось.

Второй принцип существующей методики разведки (8, 16), основанный на регламентированной погрешности (m) определений средних параметров разведываемого объекта при минимальном необходимом и достаточном количестве (N) выработок, вычисляемом по формулам вариационной статистики типа приведенной выше (1), не нашел широкого применения в практике. Он используется чаще в качестве вспомогательного метода, для оценки результатов разведки, проведенной на основе первого из этих двух ее принципов и для некоторых других целей.

2. Рациональные принципы и параметры кустового метода разведки

Кустовой метод разведки при условии соблюдения принципа регламентированной густоты разведочной сети, одинаковой с применяемой при существующей методике разведки, в связи с резким увеличением представительности данных, получаемых с каждого пункта разведочной сети, приводит всегда к резкому увеличению степени переразведанности разведываемых объектов.

При условии соблюдения принципа регламентированной погрешности и надежности данных разведки, одинаковых с получаемыми при существующей методике ее проведения, кустовой метод приводит обычно к значительному увеличению расстояний (l_{nh}) между пунктами разведочной сети, т.е. к такой степени ее разрежения, которая может быть рекомендована лишь при некоторых, частично указанных ниже, условиях разведки.

Для перехода к кустовому методу разведки, характеризующемуся как уже указывалось, резким увеличением качества и количества информации, получаемой с каждого пункта разведочной сети, необходимо увязать указанные два основных принципа существующей методики разведки путем рационального усреднения отвечающих им крайних значений основных их параметров. Для этих целей лучше всего за основной показатель усредненных параметров принять расстояния ($\ell_{\text{уср.}}$) между пунктами разведочной сети при кустовом методе разведки, выраженные через расстояния (ℓ_1), принимаемые в тех же условиях при существующей методике разведки.

Усредненные расстояния ($\ell_{\text{уср.}}$) между пунктами разведочной сети для любых вариантов кустового метода разведки, выраженные через расстояния (ℓ_1) между точками разведочной сети, принимаемые в аналогичных условиях при существующей методике разведки, могут быть вычислены по следующему уравнению:

$$\ell_{\text{уср.}} = 0,7 \sqrt{\left(\ell_1 \frac{V_1}{V_{nh}}\right)^2 + (\ell_1 + kh)^2} - kh \quad (8)$$

где V_1 и V_{nh} — первичный и вторичный коэффициенты вариации, отвечающие существующей методике разведки и варианту (V_{nh}) кустового метода разведки соответственно, kh — средние поперечные размеры самого пункта разведочной сети, зависящие от принятого расстояния h между пересечениями рудного тела в нем и от коэффициента k , принятого равным: $k = \frac{n-1}{2}$, где n — количество пересечений в каждом пункте разведочной сети. При n равном 2, 3, 4 и 5 — величина коэффициента k будет равна 0,5; 1,0; 1,5; и 2 соответственно.

Параметры разведки, отвечающие усредненным расстояниям ($\ell_{\text{уср.}}$) между пунктами разведочной сети, являются в дальнейшем усредненными, а разведки, отвечающие таким параметрам — разведками основанными на принципе усредненных параметров.

Расстояния (ℓ_{nh}) между пунктами разведочной сети при разведках, осуществляемых на основе принципа регламентированной погрешности определения параметров разведываемого объекта, одинаковой с погрешностью, получаемой при существующих методах разведки, могут быть выражены уравнением:

$$\ell_{nh} = \ell_1 \frac{V_1}{V_{nh}} - kh \quad (9)$$

где значения символов те же, что и в уравнении (8). Абсолютные значения коэффициентов вариации (V_1 и V_{nh}) в уравнениях (8) и (9) могут быть заменены относительными их значениями (100 и V'_{nh}).

Характер соотношения основных параметров некоторых вариантов кустового метода разведки, проведенной на основе разных ее принципов, 20

Таблица 6

Пример вычисления основных параметров различных вариантов кустового метода при разных принципах разведки, отвечающих осуществлению разведочной сети- ℓ_i $\chi \ell_i = 100 \times 100$ м, и погрешности (m) определения средних величин, равной 10%.

Параметры пунктов разведочной сети	Количество (m) пересечений в пункте				
	Одно	Т р и		П я т ь	
		расстояния (h) между пересечениями, м			
		10	20	10	20
Относительные значения коэффициентов вариации, %					
100		63	60	51	46
1. Принцип оптимальной погрешности ($m = 10\%$):					
Размеры одного пункта: $K(h) = \frac{L}{L_2} \cdot L$, М	—	$\frac{3 \cdot L}{2} \cdot 10 = 10$	$\frac{3 \cdot L}{2} \cdot 20 = 20$	$\frac{5 \cdot L}{2} \cdot 10 = 20$	$\frac{5 \cdot L}{2} \cdot 20 = 40$
Кол-во пунктов: $(\frac{L \cdot 100}{L_2})^2$ $N' = (\frac{L}{m})^2$	$(\frac{L \cdot 100}{L_2})^2 = 100$	$(\frac{L \cdot 63}{10})^2 = 40$	$(\frac{L \cdot 60}{10})^2 = 36$	$(\frac{L \cdot 51}{10})^2 = 26$	$(\frac{L \cdot 46}{10})^2 = 21$
Площадь на один пункт: $S'_{nh} = (\frac{L}{V_{nh}})^2 \cdot \text{тыс. м}^2$	$(\frac{100 \cdot 100}{L_2})^2 = 10,0$	$(\frac{100 \cdot 100}{63})^2 = 25,3$	$(\frac{100 \cdot 100}{60})^2 = 27,9$	$(\frac{100 \cdot 100}{51})^2 = 38,5$	$(\frac{100 \cdot 100}{46})^2 = 46,7$
Расстояние между пунктами: $\ell_{nh} = \sqrt{S'_{nh} - K(h)}$, М	$\sqrt{10000 - 0} = 100$	$\sqrt{25300 - 10} = 149$	$\sqrt{27900 - 20} = 147$	$\sqrt{38500 - 20} = 176$	$\sqrt{46700 - 40} = 178$
2. Принцип оптимальной густоты разведочной сети:					
Площадь на один пункт: $S'_{nh} = (\frac{L}{V_{nh}})^2 \cdot \text{тыс. м}^2$	$(100 \cdot 40)^2 = 10,0$	$(100 \cdot 10)^2 = 12,1$	$(100 \cdot 20)^2 = 14,4$	$(100 \cdot 20)^2 = 14,4$	$(100 \cdot 40)^2 = 19,6$
Количество пунктов: $N'_{nh} = \frac{S_{общ}}{S'_{nh}}$	$\frac{1000000}{10000} = 100$	$\frac{1000000}{12100} = 83$	$\frac{1000000}{14400} = 70$	$\frac{1000000}{14400} = 70$	$\frac{1000000}{19600} = 51$
Погрешность данных разведки: $m = \frac{L}{V_{nh}} \cdot \sqrt{N'_{nh}}$, %	$100 : \sqrt{100} = 10$	$63 : \sqrt{83} = 6,9$	$60 : \sqrt{70} = 7,1$	$51 : \sqrt{70} = 6,0$	$46 : \sqrt{51} = 6,4$
3. Принцип усредненных параметров:					
Площадь на один пункт: $S'_{nh} = \frac{S_{общ}}{N'_{nh}} \cdot \text{тыс. м}^2$	$0,5 (10 \cdot 10) = 10,0$	$0,5 (25,3 + 12,1) = 18,7$	$0,5 (27,9 + 14,4) = 21,2$	$0,5 (38,5 + 14,4) = 26,4$	$0,5 (46,7 + 19,6) = 33,2$
Кол-во пунктов: $N'_{nh} = \frac{S_{общ}}{S'_{nh}}$	$\frac{1000000}{10000} = 100$	$\frac{1000000}{18700} = 53$	$\frac{1000000}{21200} = 47$	$\frac{1000000}{26400} = 38$	$\frac{1000000}{33200} = 30$
Расстояние между пунктами: $\ell_{nh} = \frac{L}{V_{nh}} \cdot \sqrt{N'_{nh}}$	$\sqrt{10000 - 0} = 100$	$\sqrt{18700 - 10} = 127$	$\sqrt{21200 - 20} = 126$	$\sqrt{26400 - 20} = 143$	$\sqrt{33200 - 40} = 143$
Погрешность данных разведки: $m_{op} = \frac{L}{V_{nh}} \cdot \sqrt{N'_{nh}}$, %	$100 : \sqrt{100} = 10$	$63 : \sqrt{53} = 8,6$	$60 : \sqrt{47} = 8,7$	$51 : \sqrt{38} = 8,2$	$46 : \sqrt{30} = 8,4$

с параметрами разведки существующим методом по сети 100×100 м с заданной погрешностью их определения в 10%, при распределении оруденения в разведкуемом объекте, отвечающем средним коэффициентам вариации по всем исследованным месторождениям (табл. 2) и способы вычисления таких соотношений показаны, в качестве примера, в табл. 6.

Подобные соотношения параметров разведки (табл. 6), проведенной на основе разных ее принципов различными вариантами кустового метода, с параметрами разведки при существующей ее методике, могут быть вычислены и для любых других значений густоты разведочной сети (ℓ_1) и погрешности (m) при разведке любого конкретного объекта с определенным характером и степенью изменчивости оруденения.

Все варианты кустового метода разведки при усредненных ее параметрах всегда обеспечивают получение данных разведки с меньшей погрешностью, чем при существующей методике разведки, проводимой по принципу регламентированной густоты разведочной сети. Поэтому рациональные значения параметров, которые следует применять при разведке кустовым методом в разных условиях, находятся в пределах только тех значений, которые отвечают принципу усредненных параметров, с одной стороны, и принципу регламентированной погрешности с другой, т.е. которые могут принимать все возможные значения в пределах от $\ell_{\text{уср.}}$ до ℓ_{nh} , определяемых по уравнениям (8) и (9) соответственно.

Применение тех или иных из непрерывного ряда возможных значений рациональных расстояний ($\ell_{\text{уср.}} \div \ell_{nh}$) между пунктами разведочной сети и значений других параметров разведки, лежащих между указанными предельными их значениями, определяются на месте разведчиками в каждом конкретном случае, в зависимости от характера месторождения, от назначения запасов данной категории, находящихся в разных частях одного и того же месторождения и т.п.

В общем случае, разведку запасов категории C_I на первых 4 - 5 подбитольных горизонтах (до глубины, например, порядка 600 - 800 м при крутопадающих телах) целесообразно проводить исходя из принципа усредненной разведочной сети ($\ell_{\text{уср.}}$) соответствующими оптимальными вариантами кустового метода. На последующих, более глубоких горизонтах, для которых ко времени проектирования горнорудного предприятия требуется знать лишь надежные средние статистические параметры полезного ископаемого (ср. содержание, мощность, элементы залегания и т.п.) и общие запасы руды и металлов, расстояния ($\ell_{\text{уср.}}$) между пунктами разведочной сети целесообразно постепенно увеличивать, приближая их к предельным (ℓ_{nh}), отвечающим принципу регламентированных погрешностей определения параметров рудного тела, одинаковых с получаемыми при разведке существующим методом по сети (ℓ_1),

применяемой для верхних горизонтов этого рудного тела.

3. Пример применения разных принципов разведки кустовым методом

Порядок и характер расчетов основных параметров разведок, проведенных различными методами на основе разных их принципов, а также некоторые соотношения этих параметров показаны на следующем примере: Оловорудное месторождение, представленное крутопадающей ($\angle 75^\circ$) тектонической зоной гидротермально-измененных оруденелых касситеритом пород, протягивающейся на расстояние более 1 км по простиранию, разведано однозабойными скважинами по сети 80 x 80 м до глубины, в среднем, около 500 м.

В связи с тем, что нижняя граница распространения кондиционного оруденения проведенной разведкой еще не была установлена и что более глубокие горизонты представлялись не менее благоприятными для локализации оруденения, было рекомендовано продолжать выявление и разведку запасов по категории C_1 в этом рудном теле до глубины порядка 1200 - 1300 м, считая от поверхности.

Для этих целей рекомендовалось применить вариант с пятью пересечениями рудного тела в каждом пункте разведочной сети при расстояниях (h) между пересечениями равных 20 м. Относительное значение коэффициента вариации (V_{520}) было принято при этом равным 47%, что близко соответствует среднему его значению (46%) для оловорудных месторождений (табл. 3).

Разведку на глубинах 500-700 м проектировалось проводить, исходя из принципа усредненных параметров ($\ell_{\text{уср.}}$), а на глубинах 700 - 1300 м - увеличить расстояния между пунктами разведочной сети до близких к предельным расстояниям ($\ell_{\text{пг}}$), отвечающим разведке, проводимой на основе принципа регламентированной погрешности. Расстояния ($\ell_{\text{уср.}}$) между пунктами разведочной сети, вычисленные по уравнению (8), для глубин 500 - 700 м было принято равным:

$$\ell_{\text{уср.}} = 0,7 \cdot \sqrt{(80 \cdot 100 : 47)^2 + (80 + 40)^2} \approx 100 \text{ м}$$

Площадь рудного тела, приходящаяся на одну пятизабойную скважину, составит при этом:

$$S = (\ell_{\text{уср.}} + kh)^2 = (100 + 40)^2 = 19,6 \text{ тыс. м}^2, \\ \text{а на одно пересечение рудного тела:}$$

$19,6 : 5 = 3,9 \text{ тыс. м}^2$, что соответствует, приблизительно, повышению степени разведанности этой части рудного тела

в (6,4 : 8,9) = 1,6 раза , по сравнению с разведкой по сети 80 х 80 м однозабойными скважинами.

Расстояние (ℓ_{nh}) между пунктами разведочной сети при разведке тем же вариантом ($V_{5,20}$) кустового метода на основе принципа регламентированных погрешностей, вычисляемое по уравнению (9), будет равно : $\ell_{5,20} = (80 \times 100 : 47) - 40 = 130$ м , а приближенное, в целях некоторого запаса точности и надежности, было принято , для глубин 700 - 1300 м , равным 120 м.

Площадь рудного тела, приходящаяся на одну пятизабойную скважину будет при этом равна : $(120 + 40)^2 = 25,6$ тыс. м² , а на одно пересечение рудного тела - $25,6 : 5 = 5,1$ тыс. м² , что соответствует повышению степени разведанности примерно в 1,3 раза , по сравнению с разведкой по сети 80 х 80 м.

Для разведки рудного тела на глубинах порядка 500-700 м площадью 200 тыс. м² однозабойными скважинами по сети 80 х 80 м, потребовалось бы - $200\,000 : 6400 = 31$ скважина с общим объемом бурения около $600 \times 31 = 18,6$ тыс. м ; вариантом $V_{5,20}$ кустового метода на основе принципа усредненных параметров: $200\,000 : 19600 = 10$ скважин, с общим объемом бурения около $(600 + 4 \times 140) \times 10 = 11,6$ тыс.п.м. и тем же вариантом ($V_{5,20}$) на основе принципа одинаковой погрешности данных разведки $200\,000 : 25600 = 8$ скв., с общим объемом бурения -

$$(600 \div 4 \times 140) \times 8 = 9,3 \text{ тыс. п.м.}$$

Для разведки нижних горизонтов рудного тела на глубинах 700-1300 м площадью 600 тыс. м² однозабойными скважинами по сети 80х80м потребовалось бы - $600\,000 : 6400 = 94$ скважины, с общим объемом бурения, при средней глубине 1000 м, около $1000 \times 94 = 94,0$ тыс.п.м.; вариантом $V_{5,20}$ по принципу усредненных параметров -

$600\,000 : 19600 = 31$ скважина , с общим объемом бурения $(1000 + 4 \times 140) \times 31 = 48,4$ тыс. п.м. и тем же вариантом ($V_{5,20}$) по принципу одинаковых погрешностей - $600\,000 : 25600 = 24$ скважины с общим объемом бурения 37,4 тыс.п.м.

Принимая погрешность (m) определения среднего содержания компонента или другого признака при существующей методике разведки за 100%, относительная погрешность (m') определения того же признака при разведке кустовым методом по принципу усредненных параметров, составит в рассматриваемом примере :

$$m'_{nh} = \frac{m_{nh}}{m_i} \cdot 100 = \frac{t \cdot V_{nh} \cdot 100}{\sqrt{N_{nh}}} \cdot \frac{t \cdot V_i}{\sqrt{N_i}} = \frac{47 \cdot 97}{100 \cdot 5,57} \cdot 100 = 82\%,$$

а при разведке по принципу одинаковой погрешности - $\frac{47 \times \sqrt{94}}{100 \times \sqrt{24}} \cdot 100 = 84\%.$

Погрешность оказалась не одинаковой, а несколько ниже, чем при существ-

вующей методике разведки по сети 80 x 80 м потому, что средние расстояния (ℓ_{ph}) между пунктами разведочной сети для глубин 700 - 1300 м были приняты равными не 130 м, как это вытекает из уравнения (8), а 120 м, т.е. с некоторым запасом надежности.

Схема возможного расположения скважин при разведке различных горизонтов рассматриваемого месторождения на основе разных ее принципов указанными выше методами приведена на рис.3

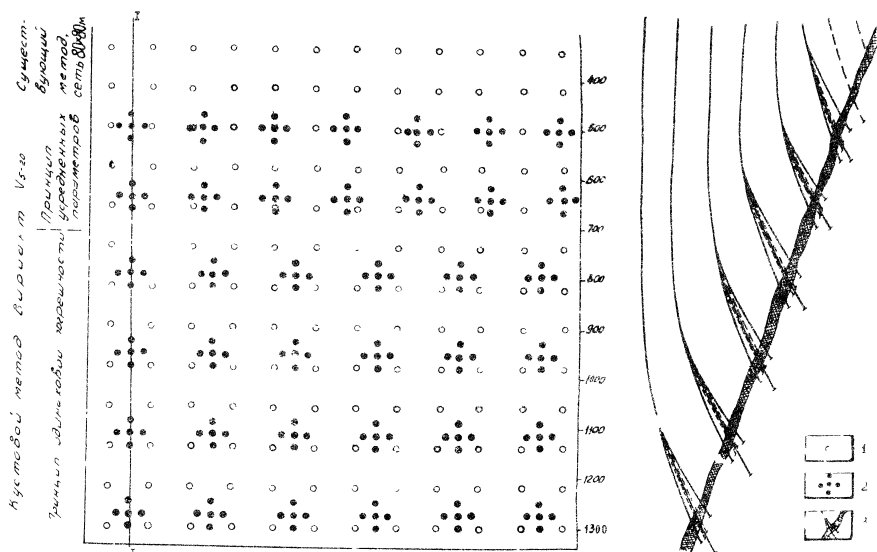


Рис. 3. Схема расположения пересечений рудного тела при буровой разведке существующим методом и на основе разных принципов кустового метода. Точки пересечения рудного тела: 1 - при существующем методе; 2 - при кустовом методе; 3 - разрез по линии 1 - 1.

Результаты расчетов параметров разведки отдельных частей месторождения, проведенной на основе разных ее принципов разными методами, сведены в табл.7.

Таблица 7

Параметры разведки	Глубина разведки, м					
	500 ~ 700			700 -- 1300		
	методы и варианты разведки					
	однoзaб. скв-ми, сеть 30x80 м	кустовой метод, вариант $\sqrt{5,20}$	однoзaб. скв-ми, сеть 80x80м	кустовой метод, вариант $\sqrt{5,20}$		
	Принцип разведки					
	реглам. развед. сети	усредн. пара - метров	регл. погр. решн.	реглам. развед. сети	усредн. парамет-ров	реглам. погрешн.
Площадь рудного тела т.м. ²	200	200	200	600	600	600
Количество скважин	31	10	8	94	31	24
Объем бурения, т.п.м.	18,6	11,6	9,3	94,0	48,4	37,4
Экономия, %	-	38	50	-	48	60
Кол-во пересеч. рудного тела	31	50	40	94	155	120
Отн. степень разведанности	1,0	1,6	1,3	1,0	1,6	1,3
Отн. погрешность разведки, %	100	83	93	100	83	93

Разведка, осуществляемая на основе принципа регламентированной погрешности ее данных, обеспечивает всегда наиболее высокую экономическую эффективность при сохранении или небольшом повышении геологической представительности данных, получаемых при существующей методике разведки по заданной сети.

Поэтому оптимальными вариантами кустового метода, с параметрами близкими к тем, которые свойственны принципу регламентированной погрешности, и следует пользоваться во всех тех случаях, когда задачей разведки является лишь определение общих запасов руд, металлов и других параметров разведываемого объекта с той степенью точности и на-

дежности, которые необходимы и достаточны для правильного проектирования горнорудного предприятия, его мощности, срока существования и капиталовложений.

Следует отметить, что принятый в рассмотренном примере вариант разведки, хотя и обладает сравнительно высокой геолого-экономической эффективностью, не является еще для указанных условий оптимальным. Он был рекомендован для разведки упомянутого месторождения потому, что в то время еще не были разработаны в достаточной мере закономерности, определяющие рациональное соотношение между параметрами разведочной сети.

4. Пределы рациональных значений величины " n " и " h "

Расстояния ($\ell_{\text{уср.}}$ и ℓ_{nh}) между пунктами разведочной сети для разных принципов кустового метода разведки, отвечающие одному и тому же расстоянию (ℓ_i) между точками разведочной сети при существующей методике разведки, определяемые по уравнениям (8) и (9), могут широко варьировать в зависимости от размеров (kh) самих пунктов разведочной сети, которые определяются количеством (n) пересечений в каждом ее пункте и расстояниями (h) между такими пересечениями.

Выбор тех или иных значений " n " и " h " проводится исходя из целевой установки — обеспечить некоторое повышение качества разведки (в пределах указанных рациональных параметров ее), в частности — точность и надежность определения средних параметров объекта и подсчета запасов руды и металлов, а также степень разведанности и полноты выявления общих запасов объекта при максимальном снижении затрат бурения, рабочего времени и денежных средств, по сравнению с разведкой его (в тех же контурах) существующими методами.

Расчеты показывают, что по мере увеличения глубины залегания руд (глубины бурения), при одинаковых прочих условиях, более быстрый рост эффективности разведки могут обеспечить те варианты, которые характеризуются большим количеством (n) пересечений (до известных пределов) и большими расстояниями (h) между ними (так же до известных пределов).

Предельное рациональное количество (n) пересечений руды в одном пункте разведочной сети не превышает пяти, т.е. $n_{\text{рац.}} \leq 5$. Это обусловлено тем, что при дальнейшем увеличении числа пересечений, размер самого "пункта разведочной сети" практически остается без изменений, а связанное с увеличением числа пересечений некоторое возрастание представительности данных, получаемых с каждого пункта раз-

ведочной сети, позволяющее несколько сократить количество (N) таких пунктов, будет недостаточным для компенсации затрат, связанных с бурением большого количества дополнительных стволов.

Предельные рациональные расстояния (h) между рассматриваемыми пересечениями не могут превышать, как показывают расчеты, половины расстояний (l_i) между пунктами разведочной сети, применяемой в данных условиях при существующей методике разведки, т.е. $h_{\text{рац}} \leq 0,5 l_i$.

Более высокие значения расстояний (h) приводят к снижению степени разведанности и увеличению погрешности данных разведки при условии получения одинаковой экономической ее эффективности.

Группы пересечений рудного тела в отдельных пунктах разведочной сети могут отличаться между собой не только по количеству их и по расстоянию между ними, но и по способам их расположения (рис. 4)

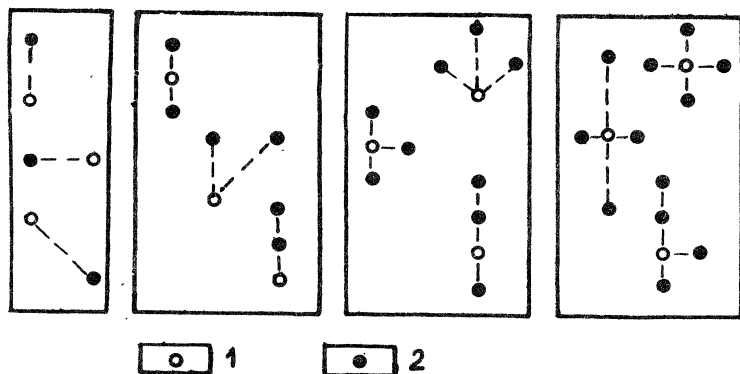


Рис. 4. Возможные способы расположения пересечений рудного тела в одном пункте разведочной сети:

1 — основным стволом; 2 — дополнительными стволами.

Выбор способа расположения пересечений рудного тела в каждом пункте разведочной сети при принятом варианте разведки определяется, главным образом, направлением и характером естественного искривления скважины, которое зависит от геологического строения месторождения, от режима бурения и т.п.

У. Установление относительной геолого-экономической эффективности и выбор оптимальных вариантов кустового метода разведки в разных условиях

1. Относительная геолого-экономическая эффективность разведки разными методами и вариантами.

Разведка месторождений на основе оптимальных вариантов кустового метода может быть эффективной начиная уже с глубины 250-300 м. На

месторождениях, разведанных существующими методами до таких глубин, особенно при сочетании колонковых скважин с подземными горными выработками, практически всегда ко времени разведки более глубоких горизонтов имеется общее представление об их геологическом строении, морфологии и масштабах рудных тел, о характере и степени изменчивости оруденения и т.д.

Эти сведения, в том числе и данные о принятых расстояниях между пунктами разведочной сети (ℓ_1), при разведке однозабойными скважинами верхней части месторождения, а также технико-экономические показатели и условия бурения скважин (глубина, категория пород, производительность и т.д.) могут служить исходным материалом для проектирования разведки кустовым методом в условиях данного месторождения.

На основе перечисленных сведений и в зависимости от целевого назначения разведки (ее стадии, требуемой категории запасов и т.д.), прежде всего должны быть определены расстояния между пунктами разведочной сети многозабойных скважин.

При конкретном решении этого вопроса необходимо выбирать такие варианты кустового метода разведки, которые могут обеспечить некоторое повышение качества разведки (снижение погрешности ее данных, повышение степени разведанности, по сравнению с разведкой существующим методом) и наибольший экономический эффект. Это может быть достигнуто путем выбора таких рациональных расстояний между пунктами разведочной сети, которые находятся между значениями $\ell_{\text{уср.}}$ и ℓ_{nh} .

Для простоты расчетов в приводимых ниже примерах можно принять в качестве такого рационального расстояния среднее между $\ell_{\text{уср.}}$ и ℓ_{nh} , т.е.

$$\ell_{\text{рац.}} = \frac{\ell_{\text{уср.}} + \ell_{nh}}{2}$$

Ниже, на условном примере разведки крутопадающей ($\angle 75^\circ$) вольфрамсодержащей жилы рассмотрен способ установления относительной геолого-экономической эффективности путем сравнения показателей разведки некоторыми, наиболее эффективными вариантами кустового метода, с показателями разведки однозабойными и обычными многозабойными (в частности двухзабойными) скважинами по различным разведочным сетям (50 x 50 м, 100 x 100 м), при разных средних глубинах бурения (250, 500, 1000 м), исходя из заданных (1 млн. м²) размеров разведваемой площади (табл. 8).

Расчетами установлено, что относительная экономическая эффективность разведки объекта оптимальными вариантами кустового метода на

95-97% определяется снижением затрат времени и средств на бурение скважин, и лишь на 3-5% - снижением затрат на вспомогательные работы. В связи с этим, а также для упрощения изложения, в приводимых ниже расчетах и примерах, величина относительной эффективности различных вариантов кустового метода разведки определена без учета экономии времени и средств, связанных с снижением объема вспомогательных работ.

Практически, относительная геолого-экономическая эффективность определяется путем сопоставления проектных (или фактических) затрат метража и времени бурения, а также представительности разведки данного объекта однозабойными (или обычными многозабойными) скважинами по принятым сетям, с одной стороны, и многозабойными скважинами по разным вариантам кустового метода, с другой стороны.

Общий метраж бурения вычисляется, исходя из проектной средней глубины бурения и рассчитанного необходимого количества однозабойных или основных стволов многозабойных скважин, а также проектных длин и количества дополнительных стволов, как это показано в табл. 8. Затраты времени на бурение вычисляются на основе норм СУСН^а вып. У, 1969 г., а на искусственное искривление - из норм приведенных в табл. 5.

Все расчеты, изложенные в табл. 8, выполнены исходя из следующих условий: средняя категория пород по буримости - УШ, угол падения рудного тела - $\gamma = 75^\circ$, угол встречи $\delta = 45^\circ$, набор кривизны - $\psi = 2\beta\sqrt{H}$ $i = 0,16$ град/м, значения V_{nh} приняты из табл. 2 для W_{O_3} .

В зависимости от некоторых конкретных условий приема установления величины относительной геолого-экономической эффективности могут быть различными. В случае, если по объекту проектируемой разведки имеются в достаточном объеме данные детального опробования по продольным выработкам, то расстояния - $\ell_{\text{уср.}}$; ℓ_{nh} и относительная порешность (m') разведки разными вариантами кустового метода рассчитываются исходя из соответствующих относительных коэффициентов вариации (V'_{nh}), определенных по результатам детального опробования этого объекта.

При проектировании разведки кустовым методом на объекте, по которому данные детального опробования в достаточном объеме отсутствуют, указанные выше параметры - $\ell_{\text{уср.}}$; ℓ_{nh} и m' и др. определяются на основе величин V'_{nh} , рассчитанных по данным детального опробования аналогичного или близкого по типу, детально разведанного или эксплуатируемого месторождения. В случае отсутствия такой аналогии, эти параметры могут быть приближенно рассчитаны на основе значений V_{nh} , принимаемых из табл. 2, как среднее по соответствующим металлам.

2. Выбор оптимальных вариантов кустового метода разведки

Сопоставление приведенных в табл.8 параметров разведки рудного тела разными методами и вариантами показывает, что оптимальные варианты кустового метода, с несколько более высокой относительной степенью разведанности, практически всегда экономичнее, чем разведка объекта в тех же контурах обычными многозабойными скважинами по соответствующим разведочным сетям. Например, при средней глубине бурения 1000 м и сети однозабойных (и обычных двухзабойных) скважин 100 x 100 м, наилучшие экономические показатели могут быть достигнуты при проведении разведки объекта по вариантам кустового метода $V_{5,50-10}$ (№ 10 и 12 соответственно). Однако, вариант $V_{5,50-10}$ (№ 12) обеспечивает более высокие показатели представительности разведки по сравнению с вариантом $V_{3,50-10}$ (№ 10) - снижение относительной погрешности на 7%, против 3% по варианту $V_{3,50}$ и повышение относительной разведанности на 50%, против 10% по варианту $V_{3,50}$.

В рассматриваемом случае, вариант $V_{5,50-10}$ разведки пятизабойными скважинами по сети 50-50-130 x 10-10-130 м и следует считать оптимальным, т.к. наряду с достаточно рациональным повышением представительности данных разведки, он обеспечивает наибольший экономический эффект - экономия 55% объема бурения на 45% рабочего времени, при лучших геологических показателях, по сравнению с разведкой существующим методом по сети 100 x 100 м.

При других условиях, например, при средней глубине бурения 250 м, оптимальным будет вариант разведки $V_{5,25-5}$ (№ 6).

Аналогично рассмотренному примеру определяется относительная геолого-экономическая эффективность и выбираются оптимальные варианты при любых других условиях разведки.

В случае, если разведку объекта необходимо проводить многозабойными скважинами с линейным расположением пересечений рудного тела в плоскости разведочного профиля, то в качестве оптимальных следует выбирать варианты с двумя-тремя пересечениями рудного тела, на расстояниях в каждом "кусте" близких к предельно большим, т.е. при $h \leq 0,5 l_1$.

В тех случаях, когда в качестве оптимального выбирается вариант кустового метода разведки с пространственным расположением пересечений рудного тела, величина h может быть различной в разных направлениях - предельно большой (до $h \leq 0,5 l_1$) в плоскости разведочного профиля и в несколько раз меньшей в поперечном направлении (нап-

имер, $V_{3,40-10}$; $V_{5,50-10}$ и др.) (см. рис.4,5).

Значения относительных коэффициентов вариации (V'_{nh}) для расчетов в таких случаях следует принимать равным среднему арифметическому из величин их отвечающих двум принятым значениям h .

Глубина разведки не влияет на количество и качество информации, получаемой с каждого пункта разведочной сети, а также на представительность данных разведки (ее погрешность, степень разведанности и т.д.), но резко сказывается на величине относительной экономической эффективности. Так, например, разведка некоторыми оптимальными вариантами кустового метода (в частности, при малых h) является, как уже отмечалось выше, достаточно эффективной, начиная с глубин 250-300 м. По мере увеличения глубины бурения величина относительной экономической эффективности, как это видно и из табл.8, значительно возрастает.

При разведке руд на больших глубинах оптимальными вариантами будут чаще всего те, которые имеют предельно большие значения величин " n " (равное 5) и " h " (равное или близкое 0,5 l_1).

При одном и том же варианте кустового метода относительная экономическая эффективность выше при разведке крутопадающих рудных тел, по сравнению с разведкой пологозадающих, т.к. чем больше угол падения рудного тела (γ), тем меньше величина отхода дополнительного ствола от основного, необходимая для достижения заданного h , и тем меньше длина дополнительного ствола.

В общем случае, разведка кустовым методом более эффективна на тех месторождениях, которые необходимо разведывать по более густым разведочным сетям.

Проведение разведки объекта по выбранному оптимальному варианту кустового метода не должно расцениваться как жесткая неизменная схема. Наоборот, ввиду возможности варьирования количеством пересечений рудного тела и расстояниями между ними в пределах каждой многозабойной скважины, имеется возможность гибкого реагирования в процессе разведки на любые изменения в поведении оруденения на тех или иных участках конкретного месторождения (рудного тела).

Разведку и оконтуривание рудных тел сложной формы (лентовидных, столбо- или гнездообразных и др.) или участков рудных тел с извилистыми контурами, а также с прерывистыми кондиционными рудами, следует осуществлять по оптимальному варианту с внесением тех или иных необходимых изменений по результатам бурения каждой пробуренной скважины.

Осуществить это возможно путем варьирования числом пересечений (n) рудного тела , расстояний (h) между ними и их взаиморас-

ложением, вплоть до сочетания кустовых пересечений с однозабойными. Для примера, на рис.5 показан возможный вариант разведки глубокой части столбообразного тела слюдоносного пегматита одним из вариантов кустового метода. При средней глубине бурения 500 м, средней категории пород VIII и угле падения тела $\gamma = 75^\circ$, разведка и окоптурирование пегматитового тела существующим методом по принятой на месторождении сети 20 x 40 м потребовала бы проходки 45 однозабойных скважин с общим объемом около 23 тыс.п.м. бурения и 8 тыс.ст.смен рабочего времени, а при разведке обычными пятизабойными скважинами по этой же сети - 12 тыс.п.м. и 5,5 тыс. ст.смен - соответственно.

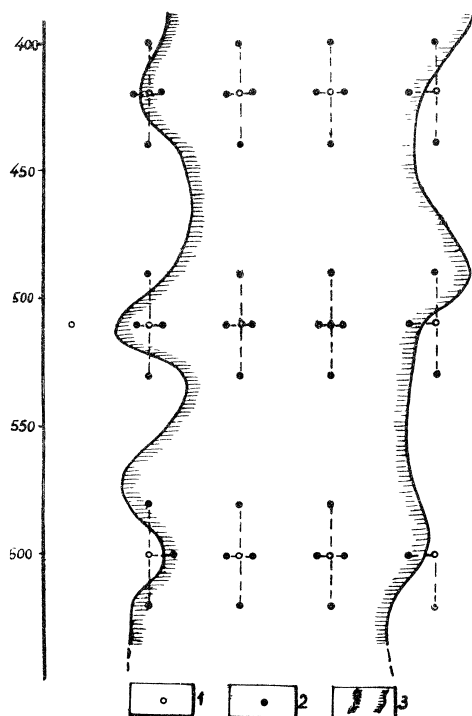


Рис. 5. Пример разведки и окоптурирования глубокой части тела слюдоносного пегматита вариантом V5-20 кустового метода. Пересечения пегматита: 1- основными стволами; 2- дополнительными стволами. 3- контуры пегматитового тела.

При кустовом методе, для разведки указанной части пегматитового тела, как показал расчет, подобный приведенному в табл.8, оптимальным будет вариант V 5,20-5 - пятизабойными скважинами по сети 20-20-50 x 5-5-25 м.

Разведку по этому варианту целесообразно вести в пределах лишь

внутриконтурной части тела, а при оконтуривании каждый последующий дополнительный ствол должен задаваться и проходиться с учетом результатов предыдущих. Например, если основной ствол оказывается пробуренным за пределами пегматита, то первый дополнительный ствол из него, в случае необходимости, следует бурить в сторону ближайшей скважины, пересекающей пегматитовое тело, отход между основным стволом и первым дополнительным может быть увеличен для повышения вероятности подсечения им пегматита. В отдельных случаях может быть достаточно проведения одного дополнительного ствола или даже только основного ствола и т.п.

Разведка части пегматитового тела в интервале глубин 400 - 600 м вариантом V_{5,20-5}, при повышении относительной степени разведанности примерно на 25%, позволяет более надежно оконтурить тело. Одновременно с этим почти в 2 раза снизятся объемы бурения и затраты рабочего времени по сравнению с существующим методом разведки однозабойными скважинами по сети 20х40 м, и сократятся приблизительно на 7% объемы бурения и на 10% рабочее время, по сравнению с разведкой обычными пятизабойными скважинами по этой же сети.

Следует отметить также, что бурение обычных многозабойных скважин технически более сложно, т.к. отходы дополнительных стволов от основных, а следовательно и длины дополнительных стволов и сроки их проходки значительно больше, по сравнению с многозабойными скважинами, применяемыми при разведке оптимальными вариантами кустового метода.

VI. Особенности подсчета запасов руд и металлов при разведке кустовым методом.

Особенности подсчета запасов руд и металлов в объектах, разведанных кустовым методом, могут быть обусловлены тем, что каждый пункт разведочной сети представляет при этом не одну точку в плоскости рудного тела, а некоторую часть его площади, в пределах которой сосредоточена группа или куст точек пересечений, расположенных на значительно меньших расстояниях одно от другого, по сравнению с расстоянием между самими такими пунктами разведочной сети или группами пересечений рудного тела.

В зависимости от принятого способа подсчета запасов и от варианта проведенной разведки, пересечения каждой такой группы могут рассматриваться или как одно целое, представляющее собою как бы одну среднюю групповую пробу из всех пересечений рудного тела в данном пункте разведочной сети, или как самостоятельные, независимые одно от

другого пересечения или точки разведочной сети, данные по которым могут учитываться при подсчете запасов по тем же правилам, какие применяются для объектов, разведанных однозабойными скважинами.

Наиболее распространенным способом подсчета запасов рудных месторождений по данным буровой разведки является способ разрезов, в частности, способ вертикальных параллельных сечений по линиям разведочных профилей, располагаемых вкрест основного простирания рудного тела.

Этому способу подсчета запасов соответствуют варианты разведки трехзабойными или двухзабойными скважинами с линейным расположением пересечений рудного тела, лежащих в плоскости данного разведочного профиля или на относительно небольших расстояниях от него.

В связи с тем, что в оптимальных вариантах кустового метода разведки применяются при этом обычно максимальные рациональные расстояния (h) между пересечениями, равные или близкие к половине расстояний (l_1) между точками основной разведочной сети, можно, в таких случаях, рассматривать каждое отдельное пересечение рудного тела стволами одного "куста" многозабойной скважины как отдельную, самостоятельную точку разведочной сети.

Выведение средних содержаний металлов и мощностей в профиле следует проводить в таких случаях методом среднего взвешенного на расстояния между смежными пересечениями (до их середины) рудного тела.

Метод среднего арифметического по отдельным пересечениям, как это практикуется обычно при разведке объекта однозабойными скважинами при одинаковых или близких расстояниях между ними, может быть принят в рассматриваемых условиях, лишь в случае крайне неравномерного распределения оруденения, при отсутствии локальных закономерностей его распределения в направлении профиля, когда данные отдельных пересечений рудного тела крайне непредставительны и должны рассматриваться как случайные.

Однако, и в таком случае более целесообразно пользоваться данными не одиночных пересечений, а средними параметрами, относящимися к отдельным группам ("кустам") пересечений, с последующим вычислением средних значений этих параметров по всему разрезу (профилю) методом среднего арифметического, т.е. без взвешивания по расстояниям (l) между пунктами разведочной сети, значения которых колеблются обычно в узких пределах.

Так же, т.е. с предварительным определением средних параметров по каждому кусту пересечений в целом, следует поступать при рассматриваемом способе подсчета запасов, и во всех тех случаях, когда разведка проведена вариантами с 4-5 пересечениями рудного тела в каждом пункте разведочной сети, когда такие пересечения располагаются не в

одном направлении, отвечающем направлению разведочного профиля, а в двух или нескольких направлениях.

Для выведения средних параметров по пункту разведочной сети при 5-ти или 4-х кратных пересечениях в нем рудного тела может быть принят для подсчета или метод среднего арифметического из всех пересечений этого пункта, или тот же метод, но с предварительным объединением в группы тех пересечений, которые лежат на одной линии, поперечной к направлению профиля.

Так, например, в случае варианта с пятью пересечениями рудного тела, расположенными по двум взаимно перпендикулярным линиям, как это показано в схеме на рис.3, результаты трех пересечений — центрального и двух лежащих на линии поперечной к профилю, можно объединить в одну групповую пробу и уже после этого выводить методом среднего арифметического по образовавшимся трем пробам (из которых, как указано, одна-групповая) средние параметры по всему пункту разведочной сети, т.е. кусту пересечений рудного тела.

В том и другом из указанных способов выведения средних по кусту пересечений, средние содержания компонентов выводятся, как правило, методом среднего взвешенного по мощности рудного тела в каждом пересечении.

При рассматриваемом способе подсчета запасов (способ разрезов) данные пересечения рудного тела на линиях поперечных к направлению разведочных профилей, при построении профиля и выведении средних параметров используются не в полной мере. Поэтому и по некоторым другим причинам, такие пересечения целесообразно располагать при разведке на значительно меньших расстояниях от основного ствола, чем пересечения, лежащие в плоскости профиля.

Лучшим способом подсчета запасов при разведке, осуществляемой вариантами с пятью или четырьмя пересечениями рудного тела в каждом пункте разведочной сети, будет, как правило, способ многоугольников, или, как его иначе называют, способ ближайшего района или способ Болдырева. Этот способ также пользуется широким распространением в существующей практике подсчета запасов рудных месторождений по данным буровой разведки.

Способы построения многоугольников вокруг точки пересечения рудного тела выработкой, подробно рассмотренные в свое время В.И.Смирновым (17), остаются без изменения и для условий разведки рудного тела кустовым методом, с неоднократным пересечением его в каждом пункте разведочной сети.

В этом случае вся группа пересечений рудного тела в каждом пункте разведочной сети рассматривается как одно целое, для которого выводятся средние мощности методом среднего арифметического из мощнос-

тей по отдельным пересечениям и средние содержания компонентов методом среднего взвешенного по мощности.

Параметры разведочной сети, применяемые при разных вариантах кустового метода, выражаются, при современном состоянии его разработки, через соответствующие параметры разведочных сетей при существующих методах разведки и выбираются всегда таким образом, чтобы они обеспечивали некоторое повышение степени разведанности объекта и уменьшение погрешностей определения средних параметров его, по сравнению с разведкой такого объекта однозабойными или обычными многозабойными скважинами по принятой для данных целей разведочной сети. Поэтому, запасы, разведанные кустовым методом, могут квалифицироваться, как правило, теми же категориями их, которыми могли бы они квалифицироваться в случае разведки их однозабойными скважинами по той основной разведочной сети, которой отвечает с некоторым запасом надежности данный вариант разведки кустовым методом.

Опробование, каротаж и другие, связанные с буровой разведкой операции, в т.ч. и скважинные геофизические исследования, при кустовом методе разведки осуществляются на основе тех же принципов и методов, которые применяются при разведке месторождений полезных ископаемых обычными многозабойными и однозабойными скважинами по существующим разведочным сетям.

VII. Области и условия применения кустового метода разведки.

Кустовой метод разведки может эффективно применяться как на стадии предварительной, так и детальной разведки и обеспечивать возможность подсчета запасов по любой из тех категорий, от C_2 до A_2 , по которым они вообще могут подсчитываться по данным буровой разведки.

Геолого-экономическая эффективность применения различных вариантов кустового метода разведки обуславливается, главным образом, характером распределения и степенью изменчивости оруденения, морфологией рудных тел и глубиной их залегания или протяженностью в глубину.

Характером и степенью изменчивости оруденения определяется в значительной мере и густота применяемых разведочных сетей при разведке запасов разных категорий, а также представительность данных, получаемых с каждого пункта разведочной сети, с которыми, в свою очередь, тесно связана, как показано выше, эффективность применения кустового метода разведки. Степень эффективности применения оптимальных вариантов кустового метода разведки увеличивается, при прочих равных условиях, по мере возрастания степени изменчивости оруденения. Месторождения полезных ископаемых разного состава по степени эффективности применения для их разведки кустового метода, можно было бы располо-

жить, примерно, в следующий ряд (в порядке убывания эффективности): золоторудные, редкометалльные (оловорудные, вольфрамовые, молибденовые и т.д.), цветных металлов (свинцово-цинковые, медные, мышьяковые и др.), нерудного сырья (сланцевые, плавленого шпата, боратные и др.), черных металлов, угольные. Однако, отдельные месторождения одного и того же вида полезного ископаемого могут отличаться между собой в рассматриваемом отношении больше, чем различаются между собой средние по отдельным, более или менее близким по свойствам видам ископаемых.

Возможности применения кустового метода, так же как и разведки обычными многозабойными скважинами по существующей методике, обусловленные морфологией рудных тел, ограничиваются наиболее распространенной и важной группой, имеющей плитообразную форму (жили, пласты, линзообразные, пластообразные и жилообразные залежи, жильные и прожилковые зоны небольшой мощности и т.п.) и близкими к ней формами (лентообразные и столбообразные тела и т.п.). Исключаются из областей возможного применения кустового метода разведки все штокерные месторождения (медномолибденовые, золоторудные и др.), многие месторождения черных и других металлов с мощными контактово-метасоматическими телами неправильной формы и т.п.

Глубиной залегания или протяженностью рудных тел в глубину обуславливается глубина бурения и связанная с этим степень эффективности применения разных вариантов кустового метода разведки.

По этому признаку из областей возможного применения кустового метода разведки следует исключить месторождения всех тех видов полезных ископаемых, которые в связи с относительно малой их ценностью или другим причинам могут разрабатываться только открытым способом и разведываются лишь в случае неглубокого их залегания. К таким видам полезных ископаемых относятся, например, строительные материалы, агрономические руды, керамическое сырье и т.п.

Приблизительные подсчеты показали, что общий объем бурения на тех объектах, где может быть эффективно применен кустовой метод разведки, составляет около 26% от общего объема колонкового бурения МГ СССР на твердые полезные ископаемые.

Из указанного объема более 75%, т.е. более 2 млн. п.м. бурения приходится на месторождения цветных, редких и благородных металлов, т.е. на месторождения тех полезных ископаемых, применение кустового метода разведки на которых особенно эффективно.

В а к л ю ч е н и е.

Кустовой метод разведки с многообразными вариантами возможного расположения пересечений рудного тела стволами многозабойных скважин

вносит, как это видно из вышеизложенного, принципиальные изменения не только в способы установления и обоснования разведочных сетей, степени разведанности объекта, надежности данных разведки и подсчета запасов, но и в сами понятия об этих и других главных параметрах существующей методики разведки месторождений полезных ископаемых.

Высокая геолого-экономическая эффективность оптимальных вариантов кустового метода разведки, разработанных на основе теоретических и лабораторных исследований и экспериментов, результаты которых отражены в предлагаемых методических указаниях, очевидно может быть еще значительно повышена в процессе изучения фактических результатов применения их в практике разведки месторождений разных групп и типов.

Достаточно широкое внедрение кустового метода в производство, с параллельным уточнением и дальнейшей разработкой на этой основе, как отдельных его элементов, так и общих вопросов методики разведки, позволят, по видимому уже в недалеком будущем перейти от эмпирических способов решения вопросов методики разведки и подсчета запасов месторождений полезных ископаемых к аналитическим, научно-обоснованным.

Л и т е р а т у р а .

1. Агашков М.И. Определение производительности рудника. М., Металлургиздат, 1948.
2. Агашков М.И., Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений. М., Недра, 1966.
3. Банкетов А.К. О требованиях проектных организаций к разведочным материалам. Материалы по методике разведки. М., Гостеолтехиздат, 1962.
4. Болдырев Г.П. Основные требования проектных организаций к геологическим материалам по разведке месторождений. Материалы по методике разведки, М., Гостеолтехиздат, 1962.
5. Вартыкан В.Г., Курмашев А.М. Проектирование дополнительного ствола пространственно-искривленной скважины малого диаметра. В сб: Методика и техника разведки, № 66, Л., ОНТИ ВИТР, 1969.
6. Вартыкан В.Г., Курмашев А.М. Методика проектирования дополнительного ствола многозабойной скважины малого диаметра. В сб: Методика и техника разведки, № 66, ОНТИ ВИТР, 1969.
7. Вартыкан В.Г., Михалкевич Ю.Л. Методика расчета рационального профиля дополнительного ствола многозабойной скважины в случае криволинейного основного ствола. В сб: Методика и техника разведки, № 69, Л., ОНТИ ВИТР, 1970.
8. Каллистов П.Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. Советская геология, сб. 53, 1956.
9. Курмашев А.М., Михалкевич Ю.Л. Метод расчета профиля отклоненного ствола пространственно-разветвленной многозабойной скважины по дуге окружности. В сб: Методика и техника разведки, № 69, Л., ОНТИ ВИТР, 1970.
10. Ложечкин М.И. Основные недостатки работ по разведке и определению запасов месторождений полезных ископаемых. "Советская геология". Сб. 49, 1955.

11. Нечелюстов Н.В. Вопросы рациональной методики разведки месторождений цветных и редких металлов. Материалы по методике разведки, М., Гособолтехиздат, 1962.
12. Пожарицкий К.Л. Пути увеличения эффективности геологоразведочных работ и борьба с излишеством в них. "Советская геология", № 1, 1958.
13. Пожарицкий К.Л. О подсчете и практическом значении перспективных запасов категории C_2 рудных месторождений. "Советская геология", № 5, 1962.
14. Семенюк В.Д. О переразведанности молибденовых месторождений Восточной Сибири. Материалы по геологии и полезным ископаемым Восточной Сибири, вып. III, Иркутск, 1958.
15. Смирнов В.И. Подсчет запасов минерального сырья. Госгеолтехиздат, М., 1950.
16. Смирнов В.И. О выборе плотности разведочной сети. Материалы по методике разведки, М., Госгеолтехиздат, 1962.
17. Соловьев В.Г. Методы вариационной статистики в приложении к разведке и подсчету запасов месторождений полезных ископаемых. Труды ЦНИИГРИ, выпуск II5, Л-М, ГОНТИ, 1939.
18. Соловьев В.Г. Об общих принципах методики разведки на примерах некоторых оловорудных месторождений. Материалы ВСЕГЕМ, полезные ископаемые, сб. 3, 1946.
19. Соловьев В.Г.,
Лежемский Г.Г.
Унксова К.В. Методы разведки месторождений полезных ископаемых многозабойными скважинами с кустовым расположением пересечений рудных тел. Л., ОНТИ ВИТР, 1969.
20. Сулакшин С.С.,
Матросов В.М. Опыт направленного бурения бесклиновым способом. "Обзоры по отдельным проблемам". Вып. 12(2), ОНТИ ВИЭМС, 1965.
21. Вартыкан В.Г.,
Шитихин В.В.,
Одборовский И.М. Технические средства для направленного бурения геологоразведочных скважин алмазным инструментом. (методическое руководство), Л., ОНТИ ВИТР, 1967.

22. Хрущов Н.А. Основные пути повышения экономической эффективности и достоверности геологоразведочных работ. "Разведка и охрана недр", № 7, 1964.
23. Хрущов Н.А. Некоторые вопросы конкретной экономики геологоразведочных работ. М., 1957.
24. Хрущов Н.А. Основные показатели экономической эффективности затрат на геологоразведочные работы и подход к определению цены разведанных запасов минерального сырья в недрах. "Советская геология", № 8, 1967.
25. Хрущов Н.А. Актуальные проблемы экономики минерального сырья и геологоразведочных работ. "Разведка и охрана недр", № 4, 1969.

С о д е р ж а н и е

	Стр.
В в е д е н и е	3
I. Краткая общая характеристика и свойства кустового метода разведки	4
II. Установление представительности данных, получаемых с каждого пункта разведочной сети при кустовом методе разведки	4
1. Первичный коэффициент вариации	4
2. Вторичные коэффициенты вариации и способы их вычисления	5
3. Относительные значения вторичных коэффициентов вариации и их свойства	8
III. Методы расчета технико-экономических показателей бурения многозабойных скважин при проектировании разведки кустовым методом	II
1. Проектирование рационального двухинтервального профиля дополнительного ствола многозабойной скважины	II
2. Пример расчета объемов бурения и затрат времени на проходку многозабойной скважины	15
I У. Установление рациональной густоты расположения пунктов разведочной сети и количественных значений других параметров при кустовом методе разведки	18
1. Основные принципы существующей методики разведки	18
2. Рациональные принципы и параметры кустового метода разведки	19
3. Пример применения разных принципов разведки кустовым методом	23
4. Пределы рациональных значений величин "n" и "h"	27
У. Установление относительной геолого-экономической эффективности и выбор оптимальных вариантов кустового метода разведки в разных условиях	28
1. Относительная геолого-экономическая эффективность разведки разными методами и вариантами	28
2. Выбор оптимальных вариантов кустового метода разведки	32
UI. Особенности подсчета запасов руд и металлов при разведке кустовым методом	35
УП. Области и условия применения кустового метода разведки	38
З а к л ю ч е н и е	39
Л и т е р а т у р а	41

Редактор И.М.Калмыков

Подписано к печати 18/IX 1970 г. М. 45672

Ротапринт ВИТР. Вып. № 142

Л-д, В-III, Кожевническая линия 23а

3,2 авт.л. Тираж 500 экз. Заказ № 405/3

Сканирование - Беспалов, Николаева
DjVu-кодирование - Беспалов



Цена 30 коп.

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР



КУСТОВОЙ МЕТОД РАЗВЕДКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
МНОГОЗАБОЙНЫМИ СКВАЖИНАМИ
(методические указания)

Ленинград
1970 г.