Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVII, вып. 3, 1967 г.

УДК 338.4.550.8

Б. Б. Евангулов

ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ЭКОНОМИЧНОГО СПОСОБА РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОВЕРХНОСТИ

При поисковых и разведочных работах на месторождениях твердых полезных ископаемых возникает необходимость изучения месторождения с поверхности. Для этого проходятся канавы, шурфы (с рассечками или без них), неглубокие разведочные скважины колонкового бурения, либо применяется комплекс этих выработок.

Методика разведки (плотность и конфигурация разведочной сети, вид опробования) определяется во всех случаях на основе изучения геологических факторов. При возможности применения всех этих видов разведки, остается решить, какому из них следует отдать предпочтение. При прочих равных условиях должен быть выбран наиболее экономичный способ вскрытия, который при наименьших затратах времени и материальных средств даст достаточно достоверные данные о разведуемом объекте.

Правильный выбор технических средств поверхностной разведки имеет большое значение для снижения стоимости разведочных работ. Однако из-за отсутствия методики расчета такой выбор производится непосредственным исполнителем работ по собственному усмотрению, исходя только из личного опыта, что часто приводит к излишним, иногда очень крупным, затратам труда, времени и материальных средств.

Любой вид разведочных выработок вскрывает и дает возможность опробовать и задокументировать определенный отрезок (участок) коренных пород, который, как правило, не превышает 10—15 *м* и одинаков для всех трех видов разведочных выработок (рис. 1).

На стоимость разведки месторождения с поверхности влияют следующие факторы: 1) мощность (глубина) рыхлых отложений; 2) категория крепости пород и их физическое состояние (талики, мерзлота); 3) водоносность грунтов. При этом водоносность грунтов одинаково влияет на стоимость канав и шурфов, поэтому учитывается только при сравнении горных работ с буровыми. Рельеф местности одинаково влияет на все три вида выработок, и им можно пренебречь.

При анализе и расчетах стоимости будем учитывать только основные расходы (без накладных расходов и плановых накоплений).

Канавы. На общую стоимость поверхностных выработок главное влияние оказывает степень устойчивости рыхлых отложений, определяющая угол откоса стенок выработки, а, следовательно, и ее объем. Крепление стенок канав уменьшает их объем, но обычно приводит к общему удорожанию выработки. Поэтому далее способ проходки канав с креплением не учитывается.

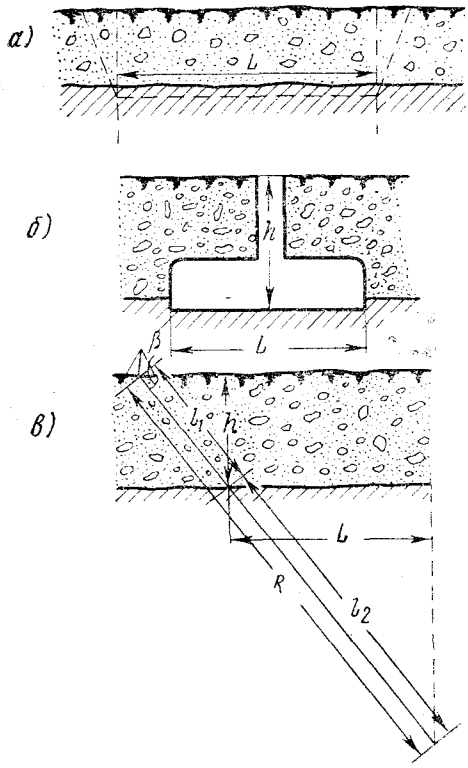


Рис. 1. Три варианта разведки:
а — канавой; *б* — шурфом с рассечками; *в* — буровой скважиной.
L — длина разведуемого участка

Итак, в общем случае стоимость канавы длиной L составит

$$P = SLC,$$

где S — площадь поперечного сечения канавы, $м^2$; C — стоимость выемки 1 $м^3$ породы, изменяющаяся в зависимости от категории крепости пород, глубины выработки и способа проходки, руб.*.

В общем случае площадь поперечного сечения канавы можно рассматривать как площадь трапеции с основаниями m и m_1, высотой h и углом наклона α. Тогда

$$P = C\,(h^2 \operatorname{tg} \alpha + m_1 h)\,L. \qquad (1)$$

При этом угол откоса стенок канавы α устанавливается экспериментально для данного месторождения и обычно колеблется в пределах от 20 до 40°; m_1 — определяется требованиями опробования и обычно составляет 0,7—0,8 *м*; h — мощность наносов плюс 0,2—0,3 *м*.

При этом расчете для упрощения принято, что торцовые стенки канавы вертикальны, а уступы для перекидки, необходимые при глубинах канав более 3 *м*, не учитываются. Эти неточности взаимно погашают друг друга и поэтому вполне допустимы.

Шурфы с рассечками. Стоимость проходки шурфа с рассечками определяется глубиной шурфа, категорией крепости пород, объемами крепления, откатки и подъема породы. При этом следует учитывать, что рассечки всегда проходятся в породах относительно более крепких, чем канавы, так как в канавах количество проходки по коренным породам не превышает 5—10% от общего объема работ, а в рассечках достигает 30—50%.

Стоимость разведки шурфом с рассечками можно выразить формулой (рис. 1, б):

$$P_1 = C_1 h + C_2 L, \qquad (2)$$

где C_1 — стоимость 1 *м* шурфа данной глубины, руб.; C_2 — стоимость 1 *м* рассечки, руб.

Буровые скважины. Стоимость разведочной буровой скважины определяется ее глубиной, категорией крепости буримых пород, углом наклона скважины к горизонту и видом истирающих материалов:

$$P_2 = C_3 R + C_4, \qquad (3)$$

где R — глубина скважины, *м*; C_3 — стоимость проходки 1 *м* скважины, руб.; C_4 — стоимость демонтажа, перевозки и монтажа оборудования при переходе со скважины на скважину, руб.

---

* Находится для каждого случая из справочников единичных расценок МГ и ОН СССР, вып. 4, 1960.

Таблица 1

Сумма основных расходов на проходку канавы, руб.

Глубина канавы, *м*	Талые грунты									Мерзлые грунты		
	$\alpha = 20°$			$\alpha = 30°$			$\alpha = 40°$			$\alpha = 10°$	$\alpha = 20°$	$\alpha = 30°$
	II*	III	IV	II	III	IV	II	III	IV			
1	9	13	21	10	15	26	12	18	30	22 : 24 **	26 : 29	31 : 34
2	24	35	59	31	46	76	39	57	97	53 : 57	69 : 76	89 : 97
3	51	74	119	69	101	160	91	132	210	92 : 100	128 : 140	173 : 189
4	97	137	211	135	191	195	179	254	391	138 : 151	204 : 222	284 : 311
5	166	226	345	236	323	490	320	435	662	192 : 211	295 : 323	420 : 460
6	263	354	532	397	511	793	522	700	1050	257 : 280	404 : 442	605 : 662

* Категории крепости пород.

** Члены отношения соответственно: первый — при ручном бурении, второй — при бурении электросверлами.

Глубину скважины (рис. 1, в) можно найти по формуле

$$R = l_1 + l_2,$$

но $l_1 = \frac{h}{\sin\beta}$, а $l_2 = \frac{L}{\cos\beta}$,

где β — угол наклона скважины к горизонту. Тогда

$$R = \frac{h}{\sin\beta} + \frac{L}{\cos\beta}.$$

Если пренебречь разницей в стоимости 1 *м* скважины по наносам и коренным породам, то глубину скважины можно определить графически.

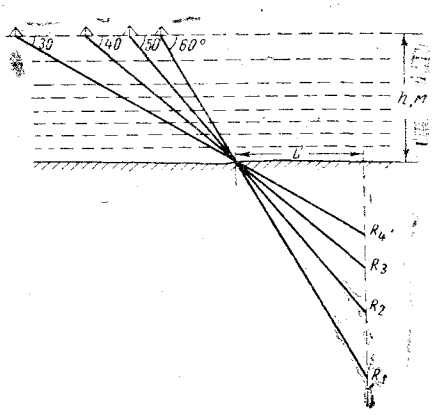


Рис. 2. Графический способ определения глубины буровой скважины при различных углах наклона к горизонту

Из рис. 2 видно, что при $h=L$ самыми короткими будут скважины, заданные под углом 40—50° к горизонту. Вообще же говоря, угол наклона скважины наименьшей глубины зависит от отношения $h : L$ и уменьшается с уменьшением этого отношения. В связи с тем, что более крутые скважины проходятся легче, дальнейшие расчеты сделаны применительно к углу наклона 50°.

Приведем несколько примеров расчета стоимости разведки, пользуясь предложенной методикой и учитывая только основные затраты на производство работ по ценам и ставкам I пояса *.

Для всех случаев принимаем L, равную 10 *м*, ширину канав по низу 0,8 *м*, сечение шурфа 1,5 $м^2$ и рассечек 1,8 $м^2$.

1. Находим суммы основных расходов на выемку 1 $м^3$ породы в зависимости от глубины канавы и категории крепости пород **. Далее, пользуясь формулой (1), определяем эти суммы при различных глубинах рыхлых отложений и различных углах откоса стенок канавы (табл. 1).

2. Используя формулу (2), определяем суммы основных расходов на разведку шурфами с рассечками.

Таблица 2

Суммы основных расходов на проходку шурфа с рассечками, руб.

Глубина шурфа, *м*	Проходка вручную				Бурение	
					электросверлами	перфораторами
	III*	IV	V	мерзлота I—IV	I—IV	V
3	254	263	278	259	256	227
4	272	284	304	284	279	251
5	290	305	330	309	302	275
6	308	326	335	334	326	299

* Категория крепости пород.

* Справочники МГ и ОН СССР для составления проектов и смет на геологоразведочные работы (СУН, СЕПЕР), вып. IV, V, 1960.

** СЕПЕР, вып. IV, 1960, табл. 2.

Для расчетов стоимости разведки шурфами с рассечками (табл. 2) принимаем следующие условия: крепление шурфов венцовое, на стойках с затяжкой стенок; рассечек — неполными дверными окладами с расстоянием между окладами 0,5 *м*; категория крепости пород для рассечек во всех случаях, кроме проходки в мерзлоте, принята V, водоотлив не предусматривается.

3. Сумма основных расходов на бурение 1 *м* скважины, в зависимости от категории пород, руб.*:

VI	VII	VIII	IX	X
1,80	2,10	3,00	4,80	7,30

Кроме того, будем считать, что вся скважина проходит по породам одной категории крепости. Этим мы несколько завышаем крепость пород, но компенсируем трудность проходки скважины по рыхлым отложениям. Для всех скважин $\beta = 50°$

При глубине скважин, не превышающей 30 *м*, для получения максимального выхода керна следует применять станок ГП-1, рассчитанный на бурение мелкоалмазными коронками и имеющий небольшой вес и габариты, что облегчает перемещение станка со скважины на скважину.

Стоимость перевозки, монтажа и демонтажа подобных агрегатов в справочниках не приводится, но мы можем, не допуская большой ошибки, принять ее за 50 руб. Суммы основных расходов на проходку буровых скважин при различных мощностях рыхлых отложений и различных категориях крепости пород, вычисленные по формуле (3), сведены в табл. 3.

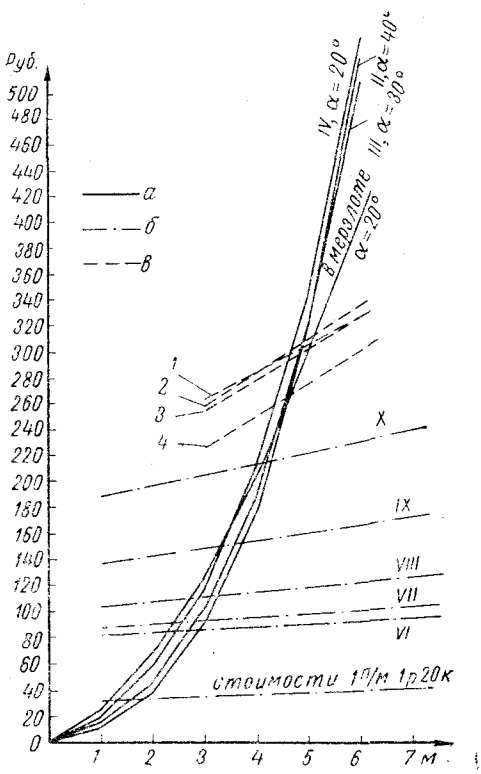


Рис. 3. Номограмма для определения основных расходов на производство одного разведочного пересечения тремя различными способами в зависимости от глубины рыхлых отложений, категории крепости пород и способа проходки выработок:
а — канавы; *б* — скважины; *в* — шурфы (способ бурения: *1, 2* — вручную, соответственно в мерзлоте и в породах IV категории; *3* — электросверлами; *4* — пневмобуром в породах V категории)

Таблица 3

Сумма основных расходов на проходку скважины, руб.

Мощность рыхлых отложений, *м*	Глубина скважины, *м*	VI	VII	VIII	IX	X
1	18	82	88	104	137	189
5	23	91	98	119	160	220
10	29	102	111	137	189	262

* СЕПЕР, вып. V, 1960, табл. 1.

Анализ номограммы рис. 3 позволяет сделать следующие выводы:

1. Когда мощность рыхлых отложений не превышает 3 *м*, разведка поверхностными выработками безусловно наиболее экономична.

2. При мощности рыхлых отложений более 3 *м* следует переходить к разведке скважинами колонкового бурения при условии, что это допустимо с точки зрения методики разведки.

3. Разведка шурфами с рассечками при любых мощностях и любом характере рыхлых отложений крайне невыгодна. Она может быть применена при мощности рыхлых отложений более 5—6 *м* и только в тех случаях, когда методика разведки месторождения исключает возможность применения буровых работ (например, при необходимости детального изучения зоны окисления).

Полученные данные особенно убедительно показывают настоятельную необходимость разработки легких транспортабельных буровых установок для алмазного бурения, весящих с двигателем и насосом не более 50—100 *кг*. Стоимость 1 *м* бурения такими агрегатами составит, по предварительному расчету, в среднем 1 руб. 20 коп., а стоимость перевозки и монтажно-демонтажных работ — около 10 руб. При этом сумма основных затрат на проведение буровой разведки будет меньше, чем при разведке канавами, даже при глубине рыхлых отложений 2 *м* (рис. 3).

В заключение приведем пример, наглядно показывающий важность правильного выбора технических средств разведки. Предположим, что на стадии предварительной разведки месторождения необходимо получить 200 разведочных пересечений. Пользуясь номограммой (рис. 3), находим, что при мощности рыхлых отложений 4 *м*, средней категории крепости их IV, а коренных пород VIII, основные расходы на производство работ составят: канавами 210 руб. $\times$ 200 = 42 000 руб.; скважинами 115 руб. $\times$ 200 = 23 000 руб.; шурфами с рассечками при механической проходке 252 руб. $\times$ 200 = 50 400 руб. и при ручной проходке 300 руб. $\times$ 200 = 60 000 руб.

Как видно, стоимость разведки бурением в данном случае почти в 2 раза меньше стоимости разведки канавами и почти в 3 раза меньше стоимости разведки шурфами. Экономия в результате правильного выбора способа разведки, даже на таком небольшом объекте, измеряется несколькими десятками тысяч рублей.