

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

**Министерство науки  
и высшего образования Российской Федерации**

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 06.02.2023 09:45:00

Уникальный программный ключ: ФГБОУ ВО «Норильский государственный  
индустриальный институт»

Кафедра разработки месторождений полезных ископаемых

# **ТЕХНОЛОГИЯ ПОДЗЕМНОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Методические указания  
к практическим работам*

**Норильск 2018**

ББК 33.21я73+33.22я73

Технология подземной и комбинированной разработки рудных месторождений [Текст]: метод. указ. к практ. работам / составитель С.Д. Бибик; Норильский гос. индустр. ин-т. – Норильск: НГИИ, 2018. – 44 с.

Методические указания отражают основные вопросы курса в соответствии с учебной программой.

Предназначены для студентов специальностей «Маркшейдерское дело» и «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» всех форм обучения.

## ГОРНОТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Задача 1.** По данным геологической скважины известны значения вертикальной мощности и угол падения рудного тела соответственно  $m_e = 4$  м и  $a = 30^\circ$ . Требуется найти нормальную  $m$  и горизонтальную  $m_r$  мощности.

**Задача 2.** При лабораторных испытаниях на гидравлическом прессе образец габбро-диабазов диаметром  $d = 70$  мм и длиной  $l = 70$  мм разрушается при нагрузке  $p = 40$  т. Определить предельное напряжение на сжатие  $\delta_{сж}$ , растяжения  $\delta_p$ , мПа, и коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову  $f$ .

**Задача 3.** Рудник разрабатывает месторождение подземным способом с годовой производительностью  $A = 6$  млн. т, плотность руды  $\gamma = 4,2$  т/м<sup>3</sup>. Определить объем пустот, образующихся в результате горных работ.

**Задача 4.** На глубине  $H = 1500$  м измерена температура горного массива  $t = 34$  °С. Определить геометрическую ступень  $T_c$  и геометрический градиент  $T_r$ .

**Задача 5.** В процессе разработки месторождения отработана камера с объемом  $V = 5$  тыс. м<sup>3</sup>, которая впоследствии заполнена закладкой. Коэффициент уплотнения (усадки)  $i = 5\%$ . Определить, сколько потребуется дополнительной закладки  $Q_3$  для заполнения пустоты, образованной после усадки.

**Задача 6.** Определить объем пустот для дозакладки  $V_g$ , образованных при выемке камеры высотой 20 м, шириной 8 м, длиной 65 м, заполненной твердеющей закладкой с коэффициентом усадки  $i = 0,03$ .

**Задача 7.** При суточной добычи рудника  $A_c = 10$  тыс. т водоприток составляет  $Q = 500$  м<sup>3</sup>. Определить коэффициент водобильности  $\mu$ .

**Задача 8.** Определить производительность закладочного комплекса  $Q_3$ , м<sup>3</sup>/г, для рудника, разрабатываемого месторождения системами с закладкой с годовой производи-

тельностью  $A = 4$  млн. т; объемный вес руды  $\gamma = 4,3$  т/м<sup>3</sup>, коэффициент неравномерности добычи  $K_n = 1,3$ .

**Задача 9.** Месторождение мощностью  $m = 20$  м и объемным весом  $\gamma = 4$  т/м<sup>3</sup> разрабатывается камерно-целиковой системой, ширина камер  $a = 10$  м, целиков  $b = 5$  м. Определить коэффициент потерь при разработке месторождения  $n$ .

**Задача 10.** Запас балансовой руды в блоке  $B = 100$  тыс. т с содержанием металла  $C = 1,2\%$ . Коэффициент потерь руды  $n = 15\%$ . Количество примешанной при добыче породы  $V = 30$  тыс. т с содержанием металла в ней  $v = 0,7\%$ . Определить коэффициент потерь металла  $n_m$ .

**Задача 11.** При отработке блока с балансовыми запасами  $B = 100$  тыс. т и содержанием металла в балансовой руде  $C = 1,2\%$  получена рудная масса в количестве  $D = 95$  тыс. т с содержанием металла  $a = 1,1\%$ . Определить коэффициент потерь руды  $n$ , разубоживание  $p$ , коэффициент качества руды  $K_k$ , коэффициент извлечения металла из недр  $K_n$ , количество потерянной руды  $\Pi$  и примешанных пород  $V$ .

**Задача 12.** При разработке месторождений с балансовыми запасами  $B = 100$  млн. т допускается коэффициент потерь руды  $n = 20\%$ , разубоживание  $p = 10\%$ . Определить количество полученной рудной массы при разработке месторождения и коэффициент выхода рудной массы при добыче.

**Задача 13.** При отработке блока с балансовыми запасами  $B = 100$  тыс. т и содержанием металла в балансовой руде  $C = 1,2\%$  получено рудной массы  $D = 95$  тыс. т. Количество примешанной породы составляет  $V = 8,2$  тыс. т с содержанием  $v = 0,3\%$ . Определить коэффициент потерь по руде  $n$  и металлу  $n_m$ , разубоживание по руде  $p$  и содержанию  $p_m$ , количество потерянной руды  $\Pi$ , коэффициент качества руды  $K_k$ , коэффициент извлечения металла из недр  $K_n$ .

**Задача 14.** Отработан блок с содержанием металла в балансовой руде  $C = 2\%$  без потерь. Получена рудная масса в количестве  $D = 150$  тыс. т, в которой содержатся приме-

шанные породы в количестве  $B = 25$  тыс. т с содержанием металла  $\epsilon = 0,3\%$ . Определить балансовые запасы блока  $B$ , содержание металла в рудной массе  $a$ , разубоживание по руде  $p$  и содержанию  $p_m$ , коэффициент извлечения металла из недр  $K_n$ , коэффициент качества  $K_k$ .

**Задача 15.** Камерно-целиковой системой разработки будет обрабатываться панель с балансовыми запасами  $B = 100$  тыс. т с содержанием металла  $C = 5\%$ ; коэффициент потерь и разубоживание по системе разработки соответственно  $n = 15\%$ ,  $p = 8\%$ . Определить количество рудной массы  $D$ , которое будет получено из панели при содержании в ней металла  $a$ , количестве примешанных пород  $B$  и потерянной балансовой руде  $\Pi$ , коэффициент извлечения металла из недр  $K_n$ , коэффициент качества  $K_k$ .

**Задача 16.** Системой этажного принудительного обрушения обрабатывается блок с балансовыми запасами  $B = 400$  тыс. т с содержанием металла в руде и во вмещающих породах соответственно  $C = 4\%$  и  $\epsilon = 0,5\%$ . Коэффициенты потерь и разубоживания по системе разработки соответственно  $n = 15\%$  и  $p = 25\%$ . Определить количество рудной массы  $D$ , которое будет получено из панели при содержании в ней металла  $a$ , количестве примешанных пород  $B$  и потерянной балансовой руде  $\Pi$ , коэффициент извлечения металла из недр  $K_n$ , коэффициент качества руды  $K_k$ .

**Задача 17.** Из блока с балансовыми запасами  $B = 200$  тыс. т с содержанием металла  $C = 2\%$  добыта рудная масса с содержанием  $a = 1,5\%$ . В потерях остались: не отбитая руда у контактов в висячем боку в количестве  $\Pi_n = 7$  тыс. т и оставшаяся в неровностях лежащего бока обогащенная рудная мелочь в количестве  $\Pi_n = 10$  тыс. т с содержанием металла  $a = 3\%$ . Определить количество потерянного металла  $Q_m$ , коэффициенты потерь по руде и металлу  $n$  и  $n_m$ , разубоживание по содержанию  $p_m$ , коэффициент извлечения из недр  $K_n$ , коэффициент качества  $K_k$ .

**Задача 18.** Отработан блок с потерями руды в количестве  $\Pi = 20$  тыс. т и получена рудная масса  $D = 160$  тыс. т, в которой содержатся примешанные породы  $B = 35$  тыс. т. Содержание металла в балансовой руде  $C = 2\%$ , во вмеща-

ющих породах  $\epsilon = 0,3\%$ . Определить количество балансовых запасов  $B$ , разубоживание по руде и содержанию  $p$  и  $p_m$ , коэффициенты потерь руды и металла  $n$  и  $n_m$ , коэффициенты качества руды и извлечения металла из недр  $K_k$  и  $K_n$ .

**Задача 19.** Отработана панель с балансовыми запасами  $B = 100$  тыс. т с содержанием металла  $C = 40\%$ . Применялась камерная система разработки с разубоживанием  $p = 10\%$ . В разубоживающих породах содержится металла  $\epsilon = 0,5\%$ . Определить количество вмещающих пород, приравненных к балансовым запасам  $B$ , содержание металла в рудной массе  $a$ , общее количество металла  $Q_m$ , полученное в результате отработки панели.

**Задача 20.** Определять количество потерянной руды  $\Pi$  в блоке с балансовыми запасами  $B = 100$  тыс. т, если количество рудной массы, полученной при разработке блока,  $D = 105$  тыс. т, разубоживание  $p = 20\%$ .

**Задача 21.** Определить количество разубоживающих пород на 1 т рудной массы, если содержание металла в балансовой руде  $C = 2\%$ , а в рудной массе  $a = 1,6$ .

**Задача 22.** Балансовые запасы этажа рудника составляют  $B_s = 3575$  тыс. т. Коэффициент потерь и разубоживание по системе разработки составляют соответственно  $n = 10\%$  и  $p = 8\%$ . Годовая производительность рудника  $A = 700$  тыс. т. Определить, за какое время будет отработан этаж  $t_s$ .

**Задача 23.** Месторождение отрабатывается системой с закладкой, при которой коэффициент потерь  $n = 2\%$  и разубоживание  $p = 10\%$ . Годовая производительность рудника  $A = 1$  млн. т. Определить годовой экономический ущерб от потерь  $\mathcal{E}_{n,2}$  руды при следующих технико-экономических показателях: извлекаемая ценность 1 т балансовой руды  $C_\epsilon = 80$  руб., затраты на разведку 1 т балансовой руды  $Z_p = 3$  руб., затраты на добычу и переработку 1 т рудной массы  $C_{dn} = 20$  руб.

**Задача 24.** Коэффициент потерь и разубоживание руды при разработке месторождения соответственно  $n = 10\%$  и  $p = 18\%$ . Годовая производительность рудника  $A = 2$  млн. т. Определить количество балансовых запасов,

ежегодно недоизвлекаемых в процессе добычи  $P$ , и количество разубоживающих пород  $B$ .

**Задача 25.** Разработка месторождения ведется системой этажного обрушения руды с разубоживанием  $p = 20\%$ . Себестоимость добычи, транспорта и обогащения 1 т рудной массы  $C_{\partial n} = 12$  руб. Определить экономический ущерб от разубоживания 1 т балансовых запасов  $\mathcal{E}_p$ .

**Задача 26.** Месторождение отрабатывается системой с закладкой, при которой коэффициент потерь  $n = 20\%$ , разубоживание  $p = 10\%$ . Годовая производительность рудника  $A = 1$  млн. т. Себестоимость добычи и обогащения 1 т рудной массы  $C_{\partial o} = 12$  руб. Определить годовой экономический ущерб от разубоживания  $\mathcal{E}_{pz}$ .

**Задача 27.** При вскрытии месторождения в охранном целике скипового и клетового стволов оставлено балансовых запасов  $B_{\text{ц}} = 2$  млн. т с извлекаемой ценностью  $\Pi_{\text{изв}} = 20$  руб. за 1 т. Затраты на добычу и переработку 1 т балансовой руды из этого месторождения составляют  $C_{\partial n} = 15$  руб. Определить стоимость недополученного металла из охранного целика.

**Задача 28.** Месторождение отрабатывается слоевой системой с закладкой выработанного пространства, при которой разубоживание составляет  $p = 10\%$ . Годовая производительность рудника  $A = 2$  млн. т, себестоимость добычи 1 т руды по руднику  $C_{\partial} = 20$  руб. Определить годовой экономический ущерб, который терпит рудник в результате разубоживания.

**Задача 29.** При вскрытии месторождения в охранном целике скипового и клетового ствола оставлено балансовых запасов  $B_{\text{ц}} = 2$  млн. т с извлекаемой ценностью  $\Pi_{\text{изв}} = 20$  руб. за 1 т. При доработке месторождения охранный целик извлекается слоевой системой с обрушением, коэффициент потерь  $n = 40\%$  и разубоживание  $p = 20\%$ , себестоимость добычи и переработки рудной массы  $C_{\partial n} = 15$  руб. Определить стоимость недополученного металла частично отрабатываемого охранного целика.

**Задача 30.** В полиметаллической руде содержится никеля  $C_1 = 3\%$ , меди  $C_2 = 4\%$ . В разубоживающих породах

соответственно  $C_1 = 0,2\%$  и  $C_2 = 0,3\%$ . Оптовые цены на никель и медь за 1 т –  $C_{01} = 4140$  руб.,  $C_{02} = 1115$  руб. Разработка месторождения ведется с разубоживанием по руде  $p = 10\%$ . Определить разубоживание по содержанию  $p_m$ .

**Задача 31.** Найти балансовую ценность 1 т полиметаллической руды с содержанием меди 5%, никеля 4%; оптовая цена металлов за 1 т соответственно  $C_{01} = 1115$  руб.,  $C_{02} = 4140$  руб.

**Задача 32.** В месторождении с балансовыми запасами  $B = 10$  млн. т разведано два вида руды: первый – сульфидная в количестве  $B_1 = 2$  млн. т с содержанием металла 8% и второй – вкрапленная с содержанием 0,9%. Определить среднее содержание металла в месторождении  $C$ , общее количество металла  $Q_m$ , балансовую ценность 1 т руды при оптовой цене 1 т металла  $C_0 = 1200$  руб.

**Задача 33.** Условное содержание никеля в полиметаллической руде 6%, разубоживание при добыче  $p = 10\%$ , сквозной коэффициент извлечения при переработке руды до конечного продукта  $I = 0,8$ ; оптовая цена никеля  $C_0 = 4140$  руб. Определить балансовую ценность  $C_b$ , валовую  $C_v$  и извлекаемую ценность  $C_{изв}$  1 т руды.

**Задача 34.** Балансовая ценность 1 т ангидрита  $C_b = 12$  руб., валовая ценность  $C_v = 10$  руб. Определить коэффициент изменения качества  $K_k$  при разработке месторождения.

**Задача 35.** При разработке известняка из панели с балансовыми запасами  $B = 100$  тыс. т было получено  $D = 110$  тыс. т горной массы; балансовая ценность 1 т известняка  $C_b = 10$  руб., валовая  $C_v = 8$  руб. Определить коэффициент извлечения запасов из недр  $K_n$ .

**Задача 36.** Рассчитать годовую производительность закладочных комплексов  $Q$ , имея следующие данные: производительность рудника  $A = 1$  млн. т, коэффициент потерь и разубоживание соответственно  $n = 10\%$ ,  $p = 5\%$ , плотность руды  $\gamma = 4$  т/м.

**Задача 37.** Балансовые запасы месторождения  $B = 100$  млн. т, среднее содержание металла  $C = 5\%$ . Годовая производительность рудника  $A = 2$  млн. т. Коэффициенты

потерь и разубоживание соответственно  $n = 20\%$  и  $p = 10\%$ . При переработке добытой руды на обогатительной фабрике получается концентрат с содержанием металла  $C_k = 40\%$ , коэффициент извлечения металла в этом процессе  $I_o = 0,8$ . Определить срок существования рудника  $T$  и годовую производительность обогатительной фабрики  $A_o$ .

**Задача 38.** Общая годовая производительность рудников горно-металлургического комбината  $A = 10$  млн. т руды с содержанием металла  $C = 6\%$ . Сквозной коэффициент извлечения при переработке руды до конечного продукта  $I = 0,8$ . Определить годовую производительность металлургического передела комбината  $A_m$ .

**Задача 39.** Определить требуемую годовую производительность обогатительной фабрики и металлургического завода при строительном комбинате, если общая годовая производительность рудников составляет  $A = 10$  млн. т. Процентное содержание металла в рудной массе  $a = 6\%$ . Коэффициенты извлечения металла в концентрат и при металлургическом переделе соответственно  $I_o = 0,8$  и  $I_m = 0,9$ . Содержание металла в концентрате  $C_k = 40\%$ .

**Задача 40.** Содержание железа в балансовой руде  $C = 30\%$ , в концентрате  $C_k = 63\%$ , разубоживание руды при добыче  $p = 10\%$ , коэффициент извлечения железа при обогащении  $I_o = 0,7$ , оптовая цена 1 т концентрата  $C_o = 14$  руб. Определить извлекаемую ценность руды.

**Задача 41.** Руда, поступающая на переработку, имеет содержание металла  $C = 5\%$ . Выход металла из 1 т руды при переработке составляет  $\delta = 0,03$  т. Рассчитать сквозной коэффициент извлечения при переработке  $I$ .

**Задача 42.** Годовая производительность обогатительной фабрики по концентрату составляет  $A_o = 800$  тыс. т с содержанием металла  $C_k = 40\%$  и коэффициентом извлечения металла  $I_o = 0,8$ . Руда, поступающая на фабрику, имеет содержание металла  $a = 5\%$ . Рассчитать общую годовую производительность рудников  $A$ , поставляющих руду на обогащение.

**Задача 43.** Балансовые запасы месторождения оцениваются  $B = 100$  млн. т, среднее содержание металла  $C = 5\%$ .

Разработка ведется горным предприятием с годовой производительностью  $A = 2$  млн. т, коэффициент извлечения из недр  $K_n = 0,8$ , коэффициент качества  $K_k = 0,9$ , сквозной коэффициент извлечения металла при переработке  $0,8$ . Рассчитать количество рудной массы, которое будет получено из месторождения  $D$ , содержание в ней металла  $a$ , срок отработки месторождения  $T$ , количество металла, получаемого ежегодно,  $Q_m$ .

**Задача 44.** Определить общую годовую производительность рудников горно-металлургического комбината  $A$ , если производственная мощность металлургического передела составляет  $A_m = 100$  тыс. т. Перерабатываемая руда содержит металла  $a = 2\%$ , сквозной коэффициент извлечения металла при переработке  $I = 0,8$ .

**Задача 45.** Рассчитать количество рудной массы, необходимое для получения 1 т концентрата с содержанием металла  $C_k = 40\%$  и 1 т металла при следующих данных: содержание металла в балансовой руде  $C = 5\%$ , разубоживание при добыче  $P = 10\%$ , коэффициент извлечения при обогащении  $I_o = 0,8$ , коэффициент извлечения при металлургическом переделе  $I_m = 0,92$ .

**Задача 46.** Определить экономическую целесообразность отработки месторождения с содержанием металла в балансовой руде  $C = 3\%$  при следующих технико-экономических показателях: разубоживание при разработке  $P = 10\%$ , сквозной коэффициент извлечения при переработке руды  $I = 0,8$ , оптовая цена 1 т металла  $C_o = 1000$  руб., затраты на добычу и переработку 1 т балансовой руды  $C_{дп} = 30$  руб.

**Задача 47.** Определить себестоимость добычи 1 т балансовой руды  $C_b$  при следующих условиях: стоимость добычи 1 т рудной массы  $C_b = 8$  руб., содержание металла в балансовой руде  $C = 3\%$ , в добытой рудной массе  $a = 2,5\%$ .

**Задача 48.** Определить прибыль от 1 т конечного продукта горного производства  $\Pi_p$  при следующих горно-технических и экономических условиях: содержание металла в балансовой руде  $C = 3\%$ , содержание металла в концентрате  $C_k = 15\%$ , разубоживание при добыче руды

$p = 0,1$ , коэффициент извлечения металла при обогащении  $I_o = 0,9$ , коэффициент извлечения металла при металлургическом переделе  $I_m = 0,95$ , себестоимость добычи 1 т руды 4 руб., стоимость перевозки 1 т руды на обогатительную фабрику  $C_{тп} = 1$  руб., себестоимость обогащения 1 т руды  $C_o = 3$  руб., затраты на транспортировку 1 т концентрата до металлургического завода  $C_{тпк} = 1,5$  руб., себестоимость металлургического передела 1 т руды  $C_m = 80$  руб., оптовая цена 1 т металла  $C_o = 1100$  руб.

**Задача 49.** Определить стоимость отдельных металлов, содержащихся в 1 т полиметаллической руды, и ее извлекаемую ценность, имея следующие данные: содержание меди  $C_1 = 0,64\%$ , свинца  $C_2 = 3\%$ , цинка  $C_3 = 8\%$ , сквозной коэффициент извлечения при переработке соответственно  $I_1 = 0,5$ ,  $I_2 = 0,85$ ,  $I_3 = 0,85$ , оптовая цена металлов за 1 т соответственно  $C_{o1} = 600$  руб.,  $C_{o2} = 715$  руб.,  $C_{o3} = 315$  руб.

**Задача 50.** При разработке месторождения с содержанием металла в балансовых запасах  $C = 6\%$  системой с естественным поддержанием очистного пространства разубоживание составляет  $P = 10\%$ , сквозной коэффициент извлечения металла при обогащении и металлургической переработке  $I = 0,72$ . Расчетная прибыль от производства металла из 1 т руды составляет  $\Pi_p = 9,7$  руб. Определить годовую прибыль горно-металлургического комбината при годовой производительности рудников  $A = 6$  млн. т руды.

## 2. ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Задача 51.** На плане месторождения (рис. 1) дан порядок его отработки от центра к флангам. Начертить вертикальный разрез месторождения по А–А, соблюдая схематично следующие элементы залегания и горно-геологические условия: размер месторождения по простиранию  $L = 1000$  м; нижняя отметка оруденения  $H_n = -400$  м; мощность месторождения  $m = 15$  м.

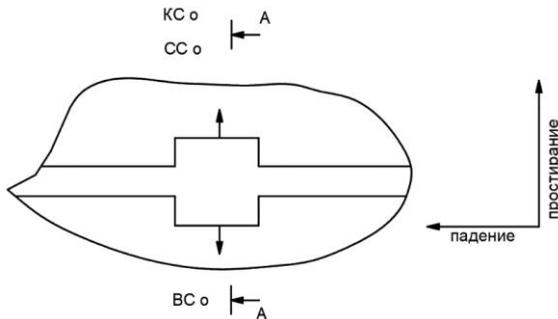


Рис. 1

**Задача 52.** На плане месторождения (рис. 2) дан порядок его отработки от центра к флангам. Начертить вертикальный разрез месторождения по А–А, соблюдая схематично следующие элементы залегания и горно-геологические условия: размер месторождения по падению  $B = 600$  м; угол падения  $\alpha = 30^\circ$ ; нижняя отметка оруденения  $H_n = -500$  м; мощность месторождения  $m = 20$  м.

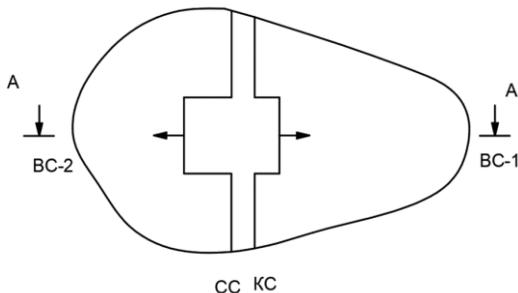


Рис. 2

**Задача 53.** Месторождение имеет следующие параметры: размер по падению  $B = 1200$  м; угол падения  $\alpha = 70^\circ$ ; мощность  $m = 20$  м; нижняя точка оруденения  $H_n = -1400$  м; верхняя точка оруденения  $H_6 = 200$  м. Схема деления рудного поля по падению на три шахтных (рудничных) поля с наклонной высотой первого  $H_1 = 200$  м, второго  $H_2 = 600$  м, третьего  $H_3 = 400$  м (рис. 3). Начертить разрез по А-А.

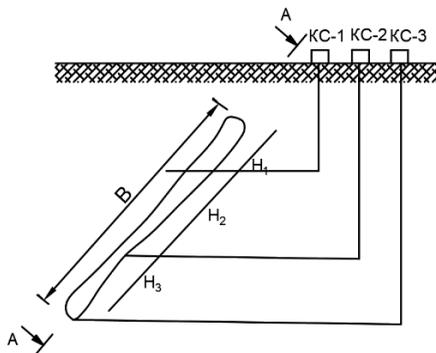


Рис. 3

**Задача 54.** Показан вертикальный разрез месторождения, вскрытого скиповым и клетьевым стволами, расположенными в лежачем боку вне зоны сдвига горных пород посередине линии простирания ( $L = 1200$  м) (рис. 4). Два вентиляционных ствола расположены в висячем боку месторождения по южному (ВС-1) и северному (ВС-2) флангам. Начертить вертикальный разрез месторождения по А-А с указанием размещения всех стволов.

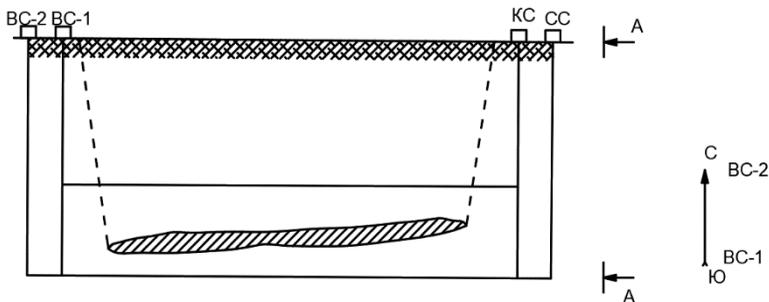


Рис. 4

**Задача 55.** Показан план месторождения (рис. 5), которое имеет следующие параметры: размер по простиранию  $L = 6000$  м; размер по падению  $B = 800$  м; угол падения  $\alpha = 10^\circ$ ; мощность  $m = 20$  м. Рудное поле разделено на три шахтных (рудничных) поля с размерами по простиранию  $Z = 2000$  м. Каждое рудничное поле вскрыто скиповым, клетьевым и вентиляционными стволами. Начертить вертикальные разрезы по А-А и Б-Б.

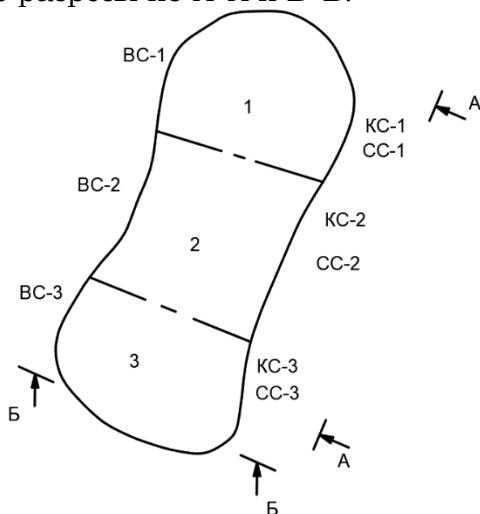


Рис. 5

**Задача 56.** Показано вскрытие крутопадающего маломощного полезного ископаемого с размерами по простиранию  $L = 800$  м, клетьевым стволом, расположенным висячем боку. Начертить разрез по А-Б-В-Г, где будет показано, что клетевой ствол находится на северном фланге месторождения, вентиляционный ствол – на южном, схема подготовки осуществляется одним этажным штреком, пройденным во вмещающих породах (рис. 6).

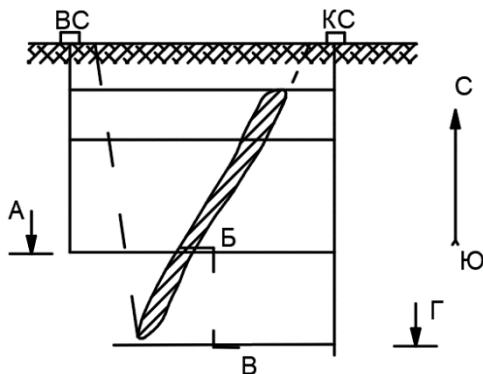


Рис. 6

**Задача 57.** Показано вскрытие круто падающего мощного месторождения полезных ископаемых с размерами по простиранию  $L = 1200$  м скиповым и клетьевым стволами, расположенными в лежащем боку вне зоны сдвига горных пород (рис. 7). Начертить разрез месторождения по А-А, где будет показано, что основная площадка рудника расположена посередине линии простирания. Схема подготовки осуществляется двумя этажными штреками, пройденными во вмещающих породах и соединенными через 60 м ортами. Вентиляционные стволы ВС-1 и ВС-2 находятся: первый – на северном фланге; второй – на южном.

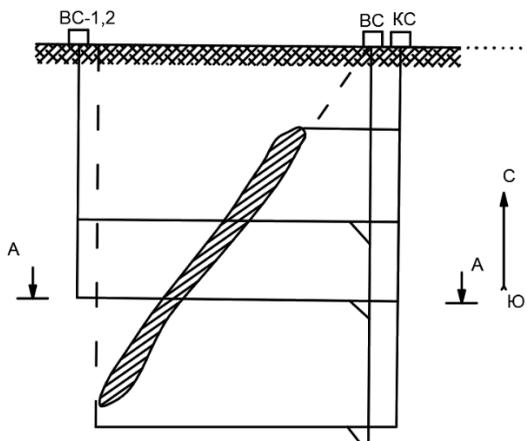


Рис. 7

**Задача 58.** Показано вскрытие крутопадающего средней мощности месторождения полезных ископаемых с размерами по простиранию  $L = 1000$  клетьевым стволом, расположенным в лежачем боку (рис. 8). Начертить разрез по А–А, где будет показано, что основная промплощадка рудника расположена на северном фланге месторождения, схема подготовки осуществляется штреком, пройденным во вмещающих породах и тупиковыми ортами через 60 м. Вентиляционный ствол находится на южном фланге месторождения.

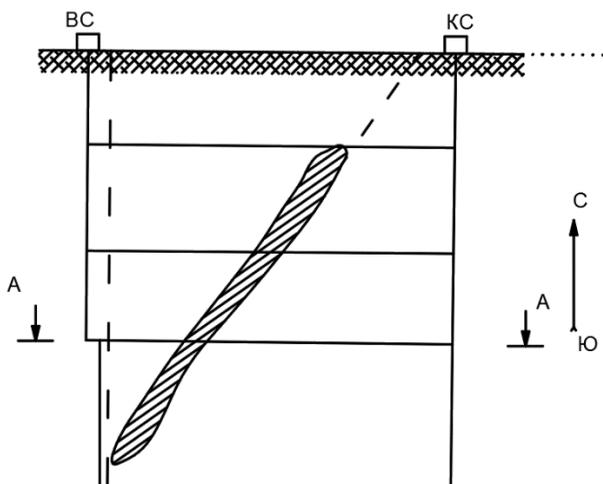


Рис. 8

**Задача 59.** Показаны элементы залегания пологопадающего месторождения полезных ископаемых мощностью  $m = 20$  м и плотностью руды  $\gamma = 4$  т/м<sup>3</sup>, расположенного на глубине  $H = 300$  м с размерами по простиранию  $L = 1600$  м, по падению  $B = 800$  м (рис. 9). Вскрытие месторождения осуществляется скиповым и клетьевым стволами, пройденными по центру месторождения с оставлением охранного целика. Угол сдвижения горных пород  $\delta = 75^\circ$ . Начертить разрез месторождения по А–А и показать панельную схему подготовки откаточного горизонта с шириной панели  $\epsilon_n = 80$  м с учетом зоны охранного целика и насчитать его балансовые запасы.

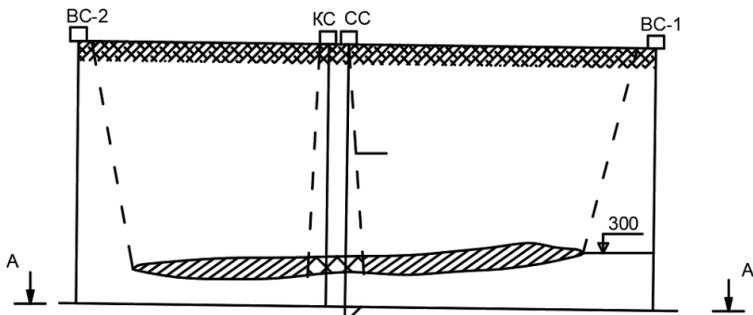


Рис. 9

**Задача 60.** Показано вскрытие пологопадающего месторождения (параметры по падению  $B = 900$  м, простиранию –  $L = 1500$  м) наклонными стволами, предназначенными для подъема руды на поверхность самоходным транспортом (рис. 10). Начертить разрез по А-А, где будет показано, что наклонные стволы пройдены посередине линии простирания, подготовка осуществлена панельными штреками, пройденными через 100 м. Определить линейный коэффициент подготовки по откаточному горизонту, если общие балансовые запасы месторождения  $B = 50$  млн. т.

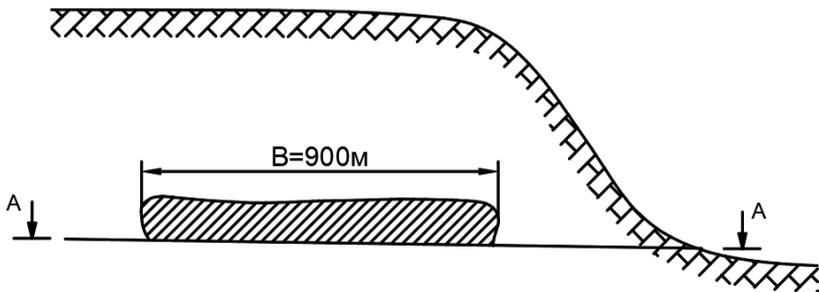


Рис. 10

**Задача 61.** Показан вертикальный разрез вкост простирания пологопадающего месторождения с параметрами по простиранию  $L = 1200$  и падению  $B = 900$  м (рис. 11). Вскрытие производится скиповым и клетьевым стволами, расположенными посередине линии простирания, вентиляционный ствол ВС-1 расположен на южном фланге месторождения и используется при обработке верхней части

месторождения, вентиляционный ствол ВС-2 расположен на северном фланге и используется при обработке нижней части месторождения. Начертить разрез по А-А и В-В, где будет показана панельная схема подготовки вентиляционного и откаточного горизонтов с шириной панели вкрест простирания  $e_n = 120$  м.

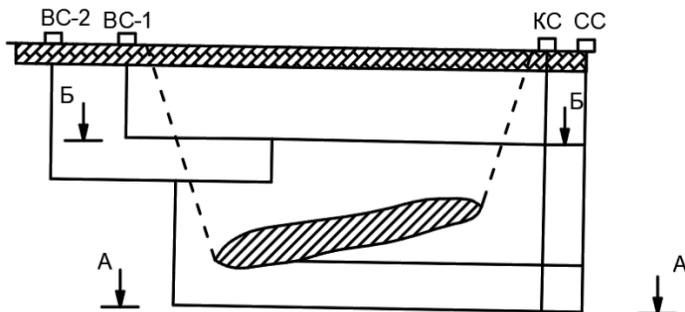


Рис. 11

**Задача 62.** Показан вертикальный разрез вкрест простирания крутопадающего месторождения с параметрами по простиранию  $L = 1000$  м и падению  $B = 600$  м, расположенного в гористой местности (рис. 12). Вскрытие производится концентрационной штольной, расположенной на горизонте +400 м, и этажными штольнями; вентиляционный ствол ВС расположен посередине линии простирания висячем боку месторождения вне зоны содержания горных пород. Подготовка осуществляется полевыми штреками, пройденными в лежащем и висячем боках месторождения, и ортами, расположенными между ними через 60 м. Начертить разрез по А-А, где будет показан план концентрационного откаточного горизонта с люковыми камерами капитальных рудоспусков.

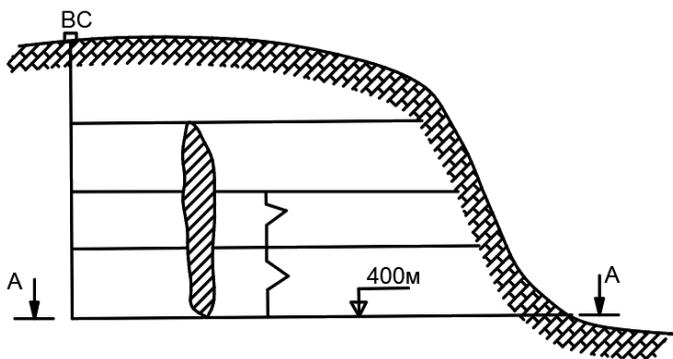


Рис. 12

**Задача 63.** Показаны в плане контуры месторождения полезных ископаемых с параметрами: размер по линии простирания  $L = 750$  м, падения  $B = 400$  м, мощность рудного тела  $m = 5$  м, угол падения  $\alpha = 70^\circ$ , нижняя точка оруденения  $H_n = 800$  м (рис. 13). Вскрытие производится клетьевым стволом. Начертить в плане схему тупикового околоствольного двора, клетьевого ствола и полевою штрековую подготовку с тупиковыми ортами, пройденными через 60 м. Сделать вертикальный разрез по А-А с учетом параметров месторождения.

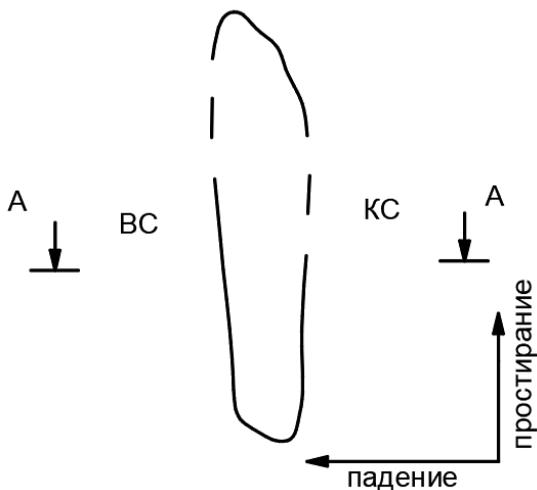


Рис. 13

**Задача 64.** Показаны в плане контуры месторождения полезных ископаемых с параметрами: размер по линии простирания  $L = 1200$  м; падение  $B = 800$  м; мощность рудного тела  $m = 20$  м; угол падения  $\alpha = 10^\circ$ ; нижняя точка оруденения  $H_n = 500$  м (рис. 14). Начертить в плане схемы кольцевого околоствольного двора клетьевого и скипового стволов и панельную подготовку месторождения. Сделать вертикальный разрез по А–А с учетом параметров месторождения.

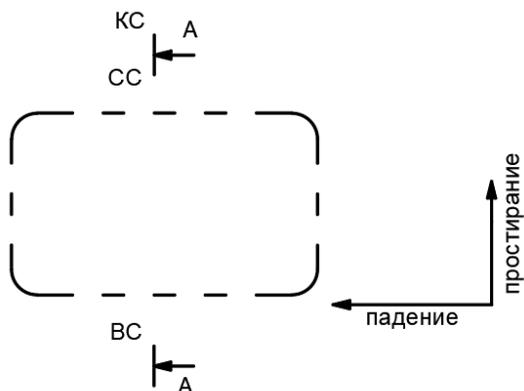


Рис. 14

**Задача 65.** Показан вертикальный разрез по простиранию с фланга месторождения мощностью  $m = 20$  м и углом падения  $\alpha = 30^\circ$ , расположенного в гористой местности (рис. 15). Вскрытие производится комбинированным способом штольной, пройденной по простиранию месторождения, и наклонным стволом в подстилающих породах лежачего бока. Подготовка осуществляется полевыми этажными штреками и рудными ортами, пройденными через 60 м. Начертить разрез месторождения по  $E-E$ ,  $A-B-B-G$ .

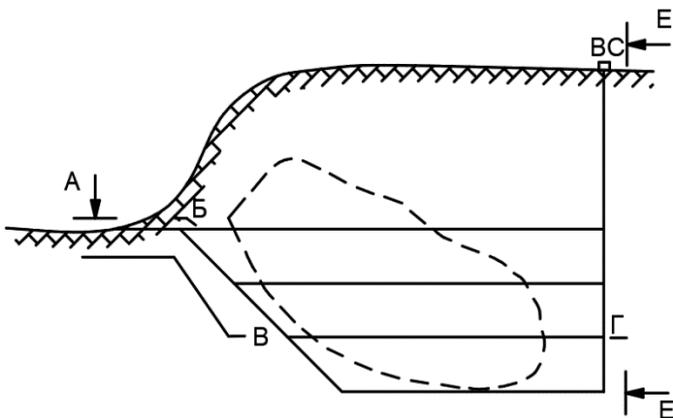


Рис. 15

**Задача 66.** Показан вертикальный разрез месторождения, расположенного в гористой местности (рис. 16). Вскрытие производится комбинированным способом двумя штольнями вкрест простирания месторождения и наклонным стволом, пройденным во вмещающих породах по падению. Подготовка этажа осуществляется полевыми штреками, пройденными в лежачем и висячем боках месторождения и ортами между ними через 60 м. Начертить разрез по А-Б-В-Г.

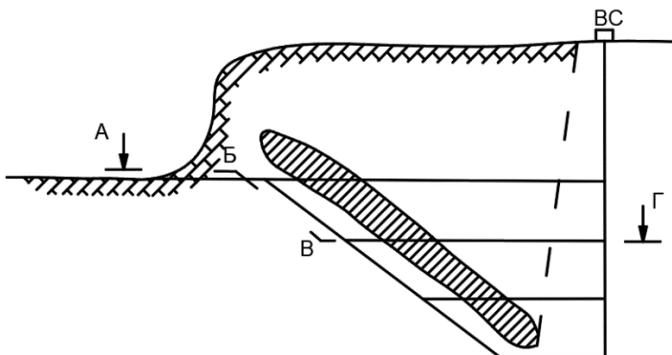


Рис. 16

**Задача 67.** Показан план этажной подготовки пологопадающего угольного месторождения (рис. 17). Начертить

тить разрез по А-А и написать название горных выработок, обозначенных под номерами 1-8.

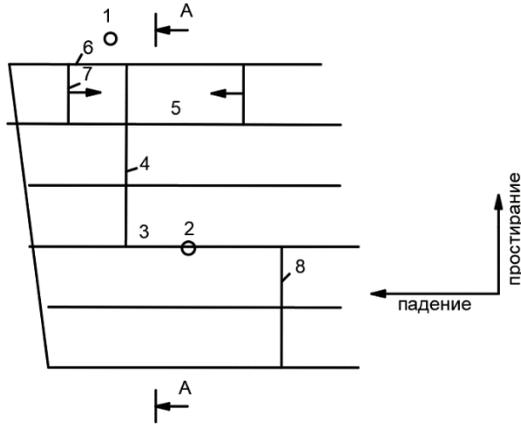


Рис. 17

**Задача 68.** Показан вертикальный разрез пологопадающего угольного месторождения, вскрытого двумя наклонными стволами 1,2 и этажными транспортными штреками 3 (рис. 18). Начертить разрез по А-А, где будут показаны в плане подготовительно-нарезные выработки, обеспечивающие отступающий порядок отработки угольного пласта лавой.

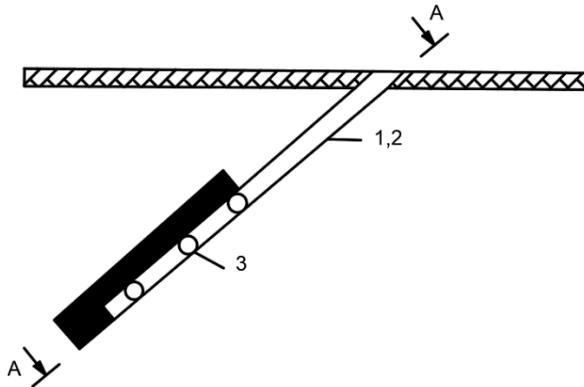


Рис. 18

**Задача 69.** Показан вертикальный разрез наклонного угольного пласта, вскрытого вертикальными клетьевым и вентиляционным стволами и этажными квершлагами

(рис. 19). Начертить разрез по А-Б-В-Г, где будет показана отработка этажа лавой по падению, и стрелками указано движение вентиляционной струи от клетьевого ствола через лаву к вентиляционному.

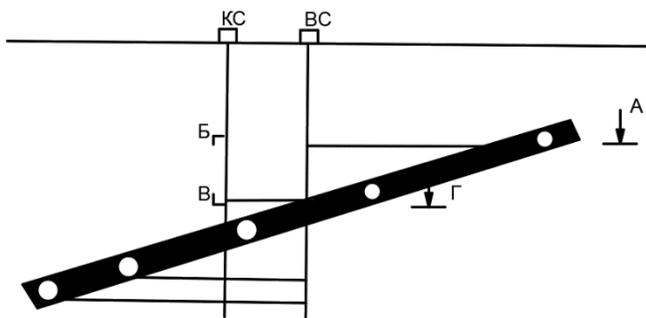


Рис. 19

**Задача 70.** Показан вертикальный разрез вкrest простираия двух месторождений, расположенных в гористой местности с размерами по линии простираия  $L = 900$  м (рис. 20). Вскрытие производится комбинированным способом: концентрационной штольной и слепым стволом. Начертить разрез по А-Б-В-Г, где будет показана панельная схема подготовки откаточных горизонтов двух месторождений.

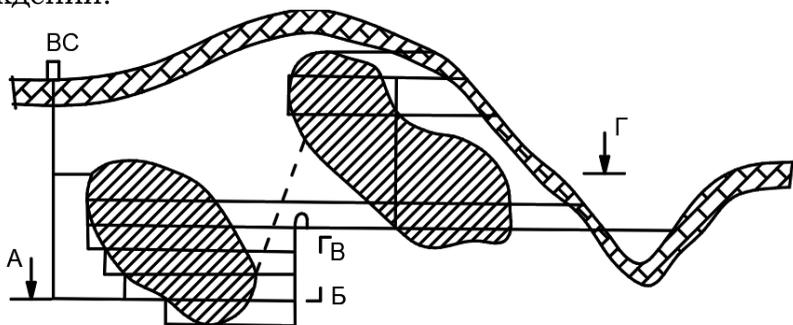


Рис. 20

**Задача 71.** Начертить разрез месторождения по падению и простираию, рассчитать балансовые запасы  $B$  и перепад высот между нижней и верхней точками оруденения  $h$ , имея следующие данные: глубина залегания ниж-

ней точки оруденения  $H_n = 700$  м; длина по линии падения  $B = 400$  м; длина по линии простирания  $L = 1200$  м, угол падения месторождения  $\alpha = 30^\circ$ ; плотность руды  $\gamma = 4$  т/м<sup>3</sup>, мощность  $m = 20$  м.

**Задача 72.** Крутопадающее месторождение имеет верхнюю отметку оруденения  $-400$  м, нижнюю  $-950$  м. Начертить схему ступенчатого вскрытия вертикальным стволом в породах висячего блока до отметки  $700$  м и слепым стволом в лежащем боку до конца оруденения.

**Задача 73.** Определить площадь земельного отвода при разработке месторождения подземным способом со следующими горнотехническими параметрами: нижняя граница оруденения  $H_n = 600$  м, угол падения рудного тела  $\alpha = 20^\circ$ , длина месторождения соответственно по падению и простиранию  $B = 400$  м,  $L = 3750$  м, угол сдвижения горных пород  $\delta = 70^\circ$ .

**Задача 74.** Начертить схему вскрытия месторождения клетьевым стволом, расположенным в лежащем боку месторождения, и рассчитать длину квершлага на отметке  $620$  м при следующих горнотехнических условиях: нижняя и верхняя границы оруденения располагаются соответственно на отметках  $-620$  м и  $-500$  м, угол падения месторождения  $\alpha = 20^\circ$ , угол сдвижения налегающих пород  $\delta = 70^\circ$ .

**Задача 75.** Предложить три варианта вскрытия месторождения, залегающего в гористой местности с максимальной отметкой возвышенности  $+350$  м, отметка длины  $+10$  м, угол падения месторождения  $\alpha = 20^\circ$ , нижняя точка оруденения  $-110$  м, верхняя  $+70$  м, длина по простиранию  $L = 1200$  м. Начертить горизонтальную и вертикальную проекции месторождения с вскрывающими выработками.

**Задача 76.** Месторождение полезных ископаемых мощностью  $m = 20$  м залегает в равнинной местности. Верхняя отметка оруденения  $-150$  м, нижняя  $-650$  м; с отметки  $-300$  м по восстанию угол падения месторождения  $\alpha = 70^\circ$ , по падению  $\alpha = 45^\circ$ . Начертить вертикальную схему залегания месторождения, предложить два варианта вскрытия и рассчитать длину вскрывающих выработок.

**Задача 77.** Крутопадающее месторождение с длиной по простиранию и падению соответственно  $L = 1500$  м и  $B = 400$  м залегает в равнинной местности. Начертить:

1) схему деления месторождения по падению на два шахтных поля;

2) схему деления месторождения по простиранию на три шахтных поля.

**Задача 78.** Пологопадающее месторождение с длиной по простиранию и падению соответственно  $L = 8200$  м и  $B = 6500$  м залегает в равнинной местности. Начертить схему деления месторождения по площади на три шахтных поля.

**Задача 79.** Пологопадающее месторождение мощностью  $m = 20$  м и объемным весом  $\gamma = 3$  т/м<sup>3</sup> залегает на глубине  $H = 400$  м, размер по падению и простиранию соответственно  $B = 2000$  м и  $L = 1000$  м, угол сдвижения горных пород  $\delta = 75^\circ$ . Над месторождением по линии простирания протекает река. Построить охранный целик под рекой и рассчитать его балансовый запас  $B_u$ .

**Задача 80.** Верхняя отметка оруденения крутопадающего месторождения  $-450$  м, нижняя отметка  $-750$  м. Начертить схему вскрытия месторождения скиповым стволом, расположенным в висячем боку месторождения вне зоны сдвижения горных пород, и двумя концентрационными горизонтами, расположенными на отметках  $-600$  м и  $-750$  м.

**Задача 81.** Месторождение мощностью  $m = 8$  м залегает под углом  $\alpha = 15^\circ$  в гористой местности. Верхняя и нижняя точки оруденения соответственно  $+500$  м и  $+200$  м. Начертить схему вскрытия месторождения двумя штольнями, расположенными:

1) по простиранию месторождения;

2) вкрест простирания месторождения.

**Задача 82.** Начертить в плане и разрезе два варианта вскрытия трех сближенных крутопадающих ( $\alpha = 80^\circ$ ) рудных тел мощностью  $m = 3-5$  м. Длина по падению  $B = 400$  м и простиранию  $L = 600$  м.

**Задача 83.** Крутопадающее месторождение (горно-геологические параметры: отметка верхней точки оруденения  $-350$  м, нижней  $-950$  м) вскрывается скиповым и клетьевым стволами, расположенными в ближайшем боку месторождения вне зоны сдвижения горных пород. На первый период эксплуатации месторождения шаг вскрытия составлял  $h_{e1} = 650$  м, последующие шаги вскрытия запроектированы соответственно на  $h_{e2} = 200$  м и  $h_{e3} = 100$  м. Начертить предложенную схему вскрытия месторождения.

**Задача 84.** Пологопадающее месторождение мощностью  $m = 20$  м, залегающее на глубине  $H = 300$  м в устойчивых породах, имеет следующие параметры: размер по простиранию  $L = 1200$  м, по падению  $B = 400$  м. Вскрытие месторождения осуществлено скиповым и клетьевым стволами, расположенными по простиранию месторождения вне зоны сдвижения горных пород. Два вентиляционных ствола расположены на флангах месторождения. Начертить в двух проекциях рудную и полевую схемы панельной подготовки месторождения с параметрами: длина панели  $l = 120$  м, ширина  $e = 200$  м. В схемах показать горизонт вентиляции.

**Задача 85.** Крутопадающее месторождение мощностью  $m = 8$  м вскрыто скиповым стволом, пройденным в ближайшем боку вне зоны сдвижения горных пород. Согласно проекту, месторождение делится на 4 этажа высотой  $h_э = 70$  м. Начертить в двух проекциях схему ортовой подготовки месторождения.

**Задача 86.** Крутопадающее месторождение мощностью  $m = 40$  м вскрыто скиповым и клетьевым стволами, расположенными в лежачем боку месторождения вне зоны сдвижения горных пород. Высота этажа  $h_э = 80$  м. Начертить в двух проекциях кольцевую схему подготовки, при которой длина блока  $l_б = 60$  м.

**Задача 87.** Начертить ортовую схему подготовки рудной залежи мощностью  $m = 10$  м и углом падения  $\alpha = 30^\circ$  в горизонтальной и вертикальной проекциях.

**Задача 88.** Пологопадающее месторождение мощностью  $m = 20$  м, расположенное на глубине  $100$  м, отрабаты-

вается открытым способом. Фланги месторождения, имеющие мощность  $m = 5-8$  м, предложено отрабатывать подземным способом со вскрытием штольной, проведенной из карьера. Начертить предложенный вариант вскрытия.

**Задача 89.** Определить сечение квершлага, по которому требуется пропустить воздух в количестве  $Q = 3600$  м<sup>3</sup>/мин.

**Задача 90.** Согласно проекту, по клетьевому стволу необходимо подать свежий воздух в рудник в количестве  $Q = 240$  м<sup>3</sup>/с. Определить минимальный диаметр ствола.

**Задача 91.** Суммарное сечение откаточных квершлагов  $S = 24$  м<sup>2</sup>, расчетное количество воздуха, подаваемое в рудник и проходящее по квершлагам,  $Q = 12500$  м/мин. Определить, отвечает ли требованиям ЕПБ скорость движения воздуха.

**Задача 92.** При технико-экономических расчетах вариантов вскрытия месторождения: 1-й вариант – капитальные затраты составляют  $K_1 = 145$  млн. руб., годовые эксплуатационные затраты  $P_1 = 280$  тыс. руб.; 2-й вариант  $K_2 = 160$  млн. руб.,  $P_2 = 240$  тыс. руб., годовая производительность рудника  $A = 1$  млн. т. Выбрать наиболее экономически целесообразный вариант.

**Задача 93.** По проекту на строительство рудника капитальные затраты были распределены по годам: 1-й год –  $K_1 = 10$  млн. руб.; 2-й год –  $K_2 = 20$  млн. руб.; 3-й год –  $K_3 = 30$  млн. руб. Однако по вине смежников строительство затянулось на пять лет, и распределение капитальных основных затрат происходило следующим образом:  $K_1' = 10$ ,  $K_2' = 20$ ,  $K_3' = 10$ ,  $K_4' = 10$ ,  $K_5' = 10$ . Определить экономически ущерб от продления срока строительства  $\mathcal{E}_{y.c.}$

**Задача 94.** При составлении календарного плана строительства рудника намечены два варианта распределения капитальных затрат (см. таблицу). Обосновать экономически целесообразный вариант по приведенным вложениям на окончание строительства.

Вариант	Годы строительства					£ К, млн. руб.
	1	2	3	4	5	
1	10	20	40	–		70
2	10	10	20	20		60

**Задача 95.** Для подготовки месторождения с балансовыми запасами  $B = 20$  млн. т, валовой ценностью 1 т руды  $C_e = 15$  руб. и плотностью  $\gamma = 3,5$  т/м<sup>3</sup> предложены две схемы подготовки. Первая схема – ортовая, сечение выработок  $S_i = 12$  м<sup>2</sup>, общая длина выработок  $L_1 = 2000$  м, из них 600 м пройдено по руде. Стоимость проходки и крепления 1 м<sup>3</sup> выработок  $C_{с.к} = 30$  руб. Вторая схема – кольцевая, сечение выработок  $S_2 = 9$  м<sup>2</sup>, общая длина выработок  $L_1 = 2500$  м, из них 800 м пройдено по руде. Стоимость проходки и крепления 1 м<sup>3</sup> выработок  $C_{н.к} = 20$  руб. Рассчитать, какая из двух предложенных схем подготовки имеет наименьшие затраты на 1 т подготовленных запасов с учетом возврата средств от реализации попутно добытой руды.

**Задача 96.** Месторождение мощностью  $m = 20$  м, объемным весом  $\gamma = 3$  т/м<sup>3</sup> отрабатывается системой этажного принудительного обрушения. При этой системе разработки на блок параметрами по простиранию  $l_n = 30$  м и падению  $e_n = 60$  м пройдены следующие подготовительно-нарезные выработки: откаточный штрек длиной 30 м, сечением  $S = 12$  м<sup>2</sup>, рудоспуск глубиной 10 м, сечением  $S = 4$  м<sup>2</sup>, штреки скрепирования длиной 180 м, сечением  $S = 8$  м<sup>2</sup>, вентиляционный штрек длиной 30 м, сечением  $S = 9$  м<sup>2</sup>. Определить линейный  $K_L$  и объемный  $K_V$  коэффициенты подготовительно-нарезных выработок на 1000 т подготовительных запасов по системе разработки.

**Задача 97.** Рассчитать затраты на 1 т подготовительных запасов  $Z$  при проходке откаточного горизонта и линейного коэффициента подготовки  $K_L$  в месторождении с углом падения  $\alpha = 20^\circ$ , мощностью  $m = 25$  м, плотностью руды  $\gamma = 4$  т/м<sup>3</sup>, длиной по простиранию и падению соответственно  $L = 3750$  м,  $B = 400$  м, длиной панели по простиранию  $l_n = 120$  м и шириной  $e_n = 160$  м. Сечение откаточных штреков и квершлагов  $S = 12$  м<sup>2</sup>, стоимость 1 м<sup>3</sup> горнопроходческих работ с учетом крепления  $C_{н.к} = 60$  руб.

**Задача 98.** Определить количество этажей высотой  $h_3 = 50$  м, которые необходимо пройти при разработке месторождения с углом падения  $\alpha = 30^\circ$  и размером по падению  $B = 1000$  м.

**Задача 99.** Годовая производительность рудника  $A = 1$  млн. т. Коэффициент потерь разубоживания соответственно  $n = 10\%$  и  $p = 15\%$ , линейный коэффициент подготовительно нарезных выработок  $K_l = 4$  м на 1000 т. Определить общий метраж выработок  $\sum L$ , которые необходимо пройти на руднике за 1 год.

**Задача 100.** Годовой план проходки подготовительно-нарезных выработок  $\sum 1_{nh} = 3778$  м, коэффициент опережения подготовительных работ над очистными  $W = 1,5$ , одновременно действуют проходческие забои  $q = 6$ . Определить минимальную месячную скорость проведения подготовительно-нарезных выработок при подготовке блоков к очистной выемке  $V$ .

**Задача 101.** Крутопадающее жильное месторождение небольшой мощности имеет длину по простиранию  $L = 1600$  м. Выемочные блоки на этаже расположены по простиранию и имеют длину  $l_\sigma = 50$  м. Время на проведение подготовительных выработок в блоке составляет  $t_n = 2$  мес., на нарезные работы  $t_h = 1$  мес., на очистные работы  $t_o = 3$  мес. Определить число блоков, в которых необходимо проводить очистные работы  $n_o$ , нарезные  $n_h$  и подготовительные  $n_n$ .

**Задача 102.** Рудник с годовой производительностью  $A = 3$  млн. т обрабатывает месторождения с коэффициентом потерь и разубоживания соответственно  $n = 20\%$  и  $p = 10\%$ . Нормы обеспеченности по времени подготовительными и готовыми балансовыми запасами составляют соответственно  $N_n = 2$  и  $N_r = 0,5$  года. Определить количество блоков, в которых проводят подготовительные работы  $n_n$  и готовые к выемке блоки  $n_r$ , если в них содержится балансовых запасов  $B_\sigma = 100$  тыс. т.

**Задача 103.** Определить величину подготовленных  $B_n$  и годовых  $B_r$  балансовых запасов для рудника с годовой производительностью  $A = 2$  млн. т при норме обеспеченности по времени подготовленными и готовыми запасами соответственно  $N_n = 1,5$  и  $N_r = 0,5$  года. Коэффициент потерь и разубоживания при разработке месторождения соответственно  $n = 10\%$  и  $p = 8\%$ .

**Задача 104.** Определить суммарную длину подготовительных и нарезных выработок  $\sum 1_{nn}$  в блоке с балансовыми запасами  $B_b = 100$  тыс. т, если коэффициенты подготовительных и нарезных выработок соответственно  $K_{лн} = 2,5$  м на 1000 т и  $K_{лн} = 0,5$  на 1000 т. Блок обрабатывается системой разработки с коэффициентом потерь и разубоживания соответственно  $n = 12\%$  и  $p = 10\%$ .

**Задача 105.** Общая длина подготовительно-нарезных выработок, проходимых за год на руднике, составляет  $\sum l_{nn} = 2400$  м, из них 1800 м горизонтальных и 600 м вертикальных. Коэффициент опережения подготовительных и нарезных работ по времени над очистными  $W = 2$ , число одновременно действующих забоев при проведении выработок по горнотехническим условиям не более  $q = 3$ .

**Задача 105.** Для обеспечения годовой производственной мощности рудника в очистной выемке находится  $n_o = 6$  блоков, время очистной выемки блока  $t_o = 0,5$  года. Нарезные работы в блоке осуществляются за  $t_n = 2$  мес. Для сохранения заданной производительности рудника определить, сколько нужно иметь блоков, в которых проводятся нарезные работы  $n_n$ .

**Задача 107.** Установленная годовая производительность рудника  $A = 1$  млн. т. В очистной выемке находятся  $n_o = 5$  блоков. Время очистной выемки блока  $t_o = 3$  мес., и на подготовку блока необходимо  $t_n = 1$  мес. Определить, сколько блоков нужно иметь в очистной выемке  $n_o$  и во скольких вести подготовительные работы  $n_n$ , если производительность рудника увеличена на 200 тыс. т в год.

**Задача 108.** На добычном участке ведутся горные работы системой разработки с коэффициентом потерь и разубоживания соответственно  $n = 2\%$  и  $p = 10\%$ , линейный коэффициент подготовительно-нарезных работ  $K_{лн} = 6$  м/1000 т. Плановая месячная производительность участка  $A_m = 60$  тыс. т при 3-сменной работе рудника и 25-и рабочих днях. Определить количество проходчиков, которое необходимо иметь на участке при норме выработки  $H_s = 0,5$  м/смену.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Обозначения физических величин

$B$  – балансовые запасы месторождения.

$L$  – длина месторождения по простиранию.

$B$  – длина месторождения по падению.

$\Gamma$  – объемный вес руды.

$M$  – нормальная мощность месторождения.

$m_e$  – горизонтальная мощность месторождения.

$m_v$  – вертикальная мощность месторождения.

$Q$  – количество металла в 1 т руды.

$C$  – процентное содержание металла в руде.

$C_{cp}$  – средневзвешенное содержание металла в месторождении.

$c_1, c_2, c_i$  – содержание металла по участкам месторождения.

$B_1, B_2, B_i$  – количество запасов в участках.

$c_y$  – условное содержание металла в полиметаллической руде.

$C_{o1}, C_{o2}, C_{oi}$  – цена 1 т металла.

$C_b$  – балансовая ценность 1 т руды.

$C_v$  – валовая ценность 1 т руды.

$K_k$  – коэффициент качества руды.

$C_o$  – цена 1 т руды.

$C_{изв}$  – извлекаемая ценность 1 т балансовой руды.

$I_o$  – коэффициент извлечения металла из руды при обогащении.

$I_m$  – коэффициент извлечения металла при металлургической переработке концентрата.

$C_{изв.к}$  – извлекаемая ценность 1 т концентрата.

$C_{ок}$  – цена 1 т концентрата.

$C_{б.у}$  – балансовая ценность 1 т полиметаллической руды, приведенная к условному содержанию по металлу.

$n$  – коэффициент потерь руды.

$P$  – количество балансовой руды, теряемой при разработке.

$B$  – количество примешанных вмещающих пород в рудной массе.

$n_m$  – коэффициент потерь металла.

$K_k$  – коэффициент извлечения металла из недр.

$K_{изв}$  – коэффициент извлечения руды при разработке.

$D$  – количество рудной массы, получаемой при разработке месторождения.

$a$  – содержание металла в рудной массе.

$b$  – содержание металла во вмещающих породах.

$p$  – разубоживание руды.

$p_m$  – разубоживание по металлу (снижение содержания металла в рудной массе).

$K_v$  – количество вывода рудной массы при добыче.

$A$  – годовая производительность рудника по рудной массе.

$C_b$  – себестоимость добычи 1 т балансовой руды.

$C_d$  – себестоимость добычи 1 т рудной массы.

$C_{д.н.б}$  – себестоимость добычи и обогащения 1 т балансовой руды.

$C_o$  – себестоимость обогащения 1 т балансовой руды.

$Э_n$  – экономический ущерб от потерь 1 т балансовой руды.

$Э_p$  – затраты на геологоразведочные работы.

$Э_{н.г}$  – экономический ущерб от потерь балансовой руды в расчете на годовую производительность рудника.

$Q_n$  – количество потерянных балансовых запасов в расчете на годовую производительность рудника по рудной массе.

$B_2$  – количество извлекаемых запасов в расчете на годовую производительность рудника по рудной массе.

$C_{д.о}$  – себестоимость добычи, транспорта и обогащения 1 т рудной массы.

$C_{тр}$  – себестоимость транспорта 1 т рудной массы.

$Э_{p.г}$  – экономический ущерб от разубоживания балансовой руды в расчете на годовую производительность рудника.

$B$  – количество разубоживающих пород в расчете на годовую производительность рудника по рудной массе.

$П_{p.н}$  – недополученная прибыль за металл.

$B_u$  – запас руды в охранном целике.

$d_a$  – увеличение амортизационных отчислений от капитальных затрат на строительство рудника в связи с уменьшением извлекаемых балансовых запасов, оставляемых в охранном целике.

$\Delta_u$  – общий экономический ущерб при оставлении охранного целика.

$\Delta \Delta$  – экономический ущерб при оставлении охранного целика на 1 т извлекаемых балансовых запасов.

$\delta_p$  – выход концентрата из 1 т рудной массы.

$\delta_k$  – выход рафинированного 100-процентного металла из 1 т концентрата.

$\delta$  – выход металла из 1 т руды.

$C_k$  – себестоимость добычи и переработки 1 т руды до получения концентрата.

$\delta_p$  – расход рудной массы для получения 1 т концентрата.

$D_k$  – расход концентрата для получения 1 т металла.

$\delta$  – общий расход руды при получении 1 т металла.

$Q_k$  – себестоимость 1 т концентрата.

$Q_n$  – себестоимость 1 т металла.

$Q_m$  – себестоимость 1 т металла в случае, если руда поступает на металлургический завод, минуя стадию обогащения.

$A_o$  – годовая производительность обогатительной фабрики.

$A_m$  – годовая производительность металлургического завода (цеха).

$P_{p,k}$  – прибыль от производства 1 т концентрата.

$P_{p,m}$  – прибыль от производства 1 т металла.

$R_m$  – рентабельность производства металла.

$C_m$  – себестоимость добычи и переработки 1 т руды до получения металла.

$C_{m,n}$  – себестоимость металлургического передела 1 т руды.

$P_{p,p}$  – прибыль от добычи 1 т руды.

$P_{p,k}$  – прибыль от концентрата, полученного из 1 т руды.

$P_{p,m}$  – прибыль от металла, полученного из 1 т руды.

## Приложение 2

### Основные формулы для решения задач

Балансовые запасы месторождения, т,

$$B = L \cdot B \cdot m \cdot y.$$

Нормальная мощность месторождения, м,

$$m = m_e \cdot \sin a, m = m_e \cdot \cos a.$$

Количество металла в 1 т руды, т,

$$Q = 0,01 \cdot c.$$

Средневзвешенное содержание металла в месторождении

$$C_{cp} = \frac{c_1 \cdot B + c_2 \cdot B_2 + \dots + c_i \cdot B_i}{B_1 + B_2 + \dots + B_i}.$$

Условное содержание металла в полиметаллической руде

$$c_e = c_1 + c_2 \cdot \frac{\Pi_{o2}}{\Pi_{o1}} + \dots + c_i \cdot \frac{\Pi_{oi}}{\Pi_{o1}}.$$

Балансовая ценность 1 т руды, руб.,

$$\Pi_b = 0,01 \cdot c \cdot \Pi_o.$$

Валовая ценность 1 т руды, руб.,

$$\Pi_e = 0,01 \cdot c \cdot K_k; \Pi_o = 0,01 \cdot a \cdot \Pi_o.$$

Извлекаемая ценность 1 т балансовой руды, руб.,

$$\Pi_{изв} = 0,01 \cdot c \cdot K_k \cdot I_o \cdot I_m; \Pi_o = 0,01 \cdot a \cdot I \cdot \Pi_o.$$

Извлекаемая ценность 1 т концентрата, руб.,

$$\Pi_{изв.к} = \frac{c \cdot K_k \cdot I_o \cdot \Pi_{ок}}{C_k}.$$

Балансовая ценность 1 т полиметаллической руды, приведенная к условному содержанию по металлу, руб.,

$$\Pi_{б.у} = 0,01 \cdot c_y \cdot \Pi_o.$$

Коэффициент потерь руды, доли ед.,

$$n = \frac{\Pi}{B} \text{ или } n = \frac{\Pi}{B} 100, \%; \Pi = 1 - K_n.$$

Коэффициент потерь металла, доли ед.,

$$n = n - \frac{B_e}{B_c}.$$

Коэффициент извлечения руды при разработке, доли ед.,

$$K_{изв} = 1 - n.$$

Коэффициент извлечения металла из недр, доли ед.,

$$K_n = \frac{D_a}{B_c}; \quad K_H = 1 - n.$$

Коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр (для неметаллических руд), доли ед.,

$$K_n = \frac{D \cdot \Pi_e}{B \cdot \Pi_c}.$$

Уравнение баланса руды и баланса металла, т,

$$D = B - \Pi + B; \quad D_a = B_c - \Pi_c + B_e.$$

Количество балансовой руды, теряемой при разработке, т,

$$\Pi = B - D \cdot \frac{a - б}{c - в}.$$

Коэффициент качества руды, доли ед.,

$$K_k = \frac{a}{c}; \quad K_k = 1 - p.$$

Содержание металла в рудной массе, %

$$a = c \cdot (1 - p) + p \cdot в \text{ или } a = \frac{B_c(1 - n)}{D}.$$

Разубоживание руды

$$p = \frac{C^2 a}{C}; \quad p = \frac{B}{D}, \text{ доли ед., или } p = \frac{B}{D} \cdot 100, \%.$$

Разубоживание по металлу (снижение содержания металла в рудной массе), доли ед.,

$$p_m = \frac{c-a}{c-\varepsilon} = 1 - \frac{a}{c} = 1 - K_{\kappa}.$$

Количество разубоживающих пород, приводящееся на 1 т балансовых запасов, т,

$$x = \frac{p}{1-p}.$$

Коэффициент изменения качества (для неметаллических руд), доли ед.,

$$K_{\kappa} = \frac{\Pi_{\varepsilon}}{\Pi_{\sigma}}.$$

Количество рудной массы при добыче, доли ед.,

$$K_{\varepsilon} = \frac{1-n}{1-p} = \frac{D}{B}.$$

Количество рудной массы, получаемой при разработке месторождения, т,

$$D = B \cdot \frac{1-n}{1-p}.$$

Количество балансовых запасов, которые обрабатываются при известном коэффициенте потерь и разубоживания, т,

$$B = A \cdot p.$$

Количество разубоживающих пород, получаемых при добыче балансовой руды, т,

$$C_{\sigma} = C_o \cdot \frac{1}{K_{\kappa}} = C_o \cdot \frac{1}{1-p}.$$

Себестоимость добычи и обогащения 1 т балансовой руды, руб.,

$$C_{\partial.н.б} = (C_{\partial} + C_o) \cdot \frac{1}{K_{\kappa}}.$$

Экономический ущерб от потерь 1 т балансовой руды, руб.,

$$\mathcal{E}_n = (\Pi_{изв} - C_{\delta}) + \mathcal{Z}_p .$$

Затраты на геологоразведочные работы, руб.,

$$\mathcal{Z}_p = \Pi_{\delta} \cdot P_2 .$$

Экономический ущерб от потерь балансовой руды в расчете на годовую производительность рудника, руб.,

$$\mathcal{E}_{n.z} = Q_n \cdot \mathcal{E}_n .$$

Количество потерянных балансовых, запасов в расчете на годовую производительность рудника по рудной массе, т,

$$Q = \frac{n \cdot B_2}{100} .$$

Количество извлекаемых запасов в расчете на годовую производительность рудника по рудной массе, т,

$$B_2 = A \cdot \frac{1 - p}{1 - n} .$$

Себестоимость добычи, транспорта и обогащения 1 т рудной массы, руб.,

$$C_{\delta.o} = C_{\delta} + C_{mp} + C_o .$$

Экономический ущерб от разубоживания балансовой руды в расчете на годовую производительность рудника, руб.,

$$\mathcal{E}_2 = C_{\delta.o} \cdot B_2 .$$

Количество разубоживающихся пород в расчете на годовую производительность руднику по рудной массе, руб.,

$$B_2 = A \cdot p .$$

Недополученная прибыль за металл, содержащийся в запасах руды охранном целике  $B_u$ , руб.,

$$\Pi_{p.n} = (\Pi_{изв} - C_{\delta}) \cdot B_u .$$

Увеличение амортизационных отчислений от капитальных затрат на строительство рудника в связи с уменьшением извлекаемых балансовых запасов, оставляемых в охранном целике, руб.,

$$d_a = \frac{K}{B \cdot (1 - n)} \cdot B_u.$$

Общий экономический ущерб при остановлении охранного целика, руб.,

$$\mathcal{E}_u = \Pi_{p.n} + d_a.$$

Экономический ущерб при остановлении охранного целика на 1 т извлекаемых балансовых запасов, руб.,

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_u}{(B - B_u) \cdot \frac{1 - n}{1 - p}}.$$

Выход рудной массы из 1 т балансовой руды, т,

$$D = B \frac{1 - N}{1 - p}.$$

Выход концентрата из 1 т рудной массы, т,

$$\delta_p = \frac{c \cdot K_k \cdot I_o}{C_k} = \frac{c \cdot (1 - p) \cdot I_o}{C_k} = \frac{a \cdot I_o}{C_k}.$$

Выход рафинированного 100% металла из 1 т концентрата, т,

$$\delta_k = \frac{C_k \cdot I_m}{100}.$$

Выход металла из 1 т руды, т,

$$\delta = \frac{c \cdot K_k \cdot I_o \cdot I_m}{100} = \frac{a \cdot I}{100}.$$

Расход рудной массы для получения 1 т концентрата, т,

$$\delta_R = \frac{1}{\delta} = \frac{C_k}{c \cdot K_k \cdot I_o} = \frac{C_k}{a \cdot I_o}.$$

Расход концентрата для получения 1 т металла, т,

$$\delta_R = \frac{1}{\delta_R} = \frac{100}{C_{\kappa} \cdot I_M}.$$

Общий расход руды при получении 1 т металла, т,

$$\delta = \frac{1}{\delta} = \frac{100}{c \cdot K_{\kappa} \cdot I_o \cdot I_M} = \frac{100}{a \cdot I}.$$

Себестоимость 1 т концентрата, руб.,

$$Q_{\kappa} = (C_{\partial} \cdot C_{mp.p} + C_o) \cdot \frac{C_{\kappa}}{a \cdot I_o} \cdot (C_{\partial} + C_{mp.p} + C_o).$$

Себестоимость 1 т металла, руб.,

$$\begin{aligned} Q_M &= \partial \cdot (C_{\partial} \cdot C_{mp.p} + C_o) \cdot d + (C_{mp.p} + C_{M.n}) = \\ &= \frac{100}{a \cdot I} \cdot (C_{\partial} \cdot C_{mp.p} + C_o) + \frac{C_{\kappa}}{C_{\kappa} \cdot I_M} \cdot (C_{mp.p} + C_{M.n}). \end{aligned}$$

В случае если руда поступает на металлургический завод, минуя стадию обогащения, себестоимость 1 т металла, руб.,

$$Q_M^n = \partial \cdot (C_{\partial} \cdot C_{mp.p} + C_o).$$

Годовая производительность обогатительной фабрики, млн. т.,

$$A_o = \delta_p \cdot A.$$

Годовая производительность металлургического завода (цеха), млн.т.,

$$A_o = \delta \cdot A.$$

Прибыль от производства 1 т концентрата, руб.

$$\Pi_{p.\kappa} = \Pi_{o.\kappa} - Q_{\kappa}.$$

Рентабельность производства концентрата, %,

$$P_{\kappa} = \frac{\Pi_{p.\kappa}}{Q_{\kappa}} \cdot 100.$$

Прибыль от производства 1 т металла, руб.,

$$П_{p.к} = Ц_o - Q_m.$$

Рентабельность производства металла, %,

$$P_m = \frac{П_{p.к}}{Q_m} \cdot 100.$$

Себестоимость добычи и переработки 1 т руды до получения концентрата, руб.,

$$C_k = C_\partial + C_{mp.p} + C_o.$$

Себестоимость добычи и переработки 1 т руды до получения металла, руб.,

$$\begin{aligned} C_M &= C_\partial + C_{mp.p} + C_o + \delta_p \cdot (C_{mp.p} + C_{m.n}) = \\ &= C_\partial + C_{mp.p} + C_o + \frac{a \cdot I_o}{C_k} \cdot (C_{mp.p} + C_{m.n}). \end{aligned}$$

В случае если руда поступает на металлургический завод, минуя стадию обогащения, себестоимость добычи и переработки 1 т руды до получения металла, руб.,

$$C_m = C_\partial + C_{mp} + C_{m.n}.$$

Прибыль от 1 т руды, руб.,

$$П'_{p.p} = Ц_\epsilon - C_\partial.$$

Прибыль концентрата, полученного из 1 т руды, руб.,

$$П'_{p.p} = Ц_\epsilon - C_\partial = \frac{c \cdot K_k \cdot I_o \cdot I_m}{C_k} - (C_\partial + C_{mp.p} + C_o).$$

Прибыль от металла, полученная из 1 т руды, руб.,

$$\begin{aligned} П'_{p.p} &= Ц_\epsilon - C_\partial = 0,01 \cdot c \cdot K_k \cdot I_o \cdot I_m - \\ &- \left[ (C_\partial + C_{mp.p} + C_o) + \frac{a \cdot I_o}{C_k} \cdot (C_{mp.p} + C_{m.n}) \right]. \end{aligned}$$

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ломоносов, Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений [Текст]: учебник / Г.Г. Ломоносов. – 2-е изд., стер. – М.: Горная книга, 2013. – 517 с.

2. Каплунов, Д.Р. Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст]: учеб. пособие / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова. – М.: Горная книга, 2012. – 344 с.

3. Пучков, Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых [Текст]: учеб. пособие. В 2-х т. Т. 2 / Л.А. Пучков, Ю.А. Жежелевский. – М.: Горная книга, 2013. – 720 с.

4. Лазченко, К.Н. Геотехнологические способы разработки месторождений полезных ископаемых [Текст]: учеб. пособие / К.Н. Лазченко, Б.Д. Терентьев. – 3-е изд. – М.: Изд-во МГГУ, 2007. – 75 с.

5. Казикаев, Д.М. Геомеханика подземной разработки руд [Текст]: учеб. пособие / Д.М. Казикаев. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МГГУ, 2009. – 542 с.

6. Склянов, В.И. Технология и техника геологоразведочных работ при разработке месторождений твердых полезных ископаемых [Текст]: учеб. пособие / В.И. Склянов, Л.К. Мирошникова; Норильский гос. индустр. ин-т. – Норильск: НГИИ, 2017. – 116 с.

7. Казикаев, Д.М. Практический курс геомеханики подземной и комбинированной разработки руд [Текст]: учеб. пособие / Д.М. Казикаев, Г.В. Савич. – М.: Горная книга, 2012. – 224 с.

8. Надретт, А.Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометаллических руд [Текст] / А.Дж. Надретт; [пер. с англ.]. – СПб.: СПбГУ, 2003.

9. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий [Текст]: учеб. пособие / О.В. Михеев, В.Г. Виткалов, Г.И. Козовой, В.А. Атрушкевич. – 2-е изд., перераб. и доп.; под ред. Л.А. Пучкова. – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – 487 с.

10. Ялтанец, И.М. Практикум по открытым горным работам [Текст]: учеб. пособие / И.М. Ялтанец, М.И. Щадов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 429 с.

11. Городниченко, В.И. Основы горного дела [Текст]: учебник / В.И. Городниченко, А.П. Дмитриев. – М.: Горная книга; МГГУ, 2008. – 464 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Горнотехническая и экономическая характеристика месторождений полезных ископаемых.....</b>	<b>3</b>
<b>Вскрытие и подготовка месторождений полезных ископаемых.....</b>	<b>12</b>
<b>Приложения.....</b>	<b>31</b>
<b>Библиографический список.....</b>	<b>41</b>

Редактор Т.В. Телелева

Темплан ФГБОУВО «НГИИ» 2018 г. Подписано в печать 11.12.2018.  
Формат 60x84 1/16. Бум. для копир.-мн.ап. Гарнитура *Bookman Old Style*.  
Печать плоская. Усл.п.л. 2,8. Уч.-изд.л. 2,8. Тираж 30 экз. Заказ 24.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУВО «НГИИ»  
663310, Норильск, ул. 50 лет Октября, 7. E-mail: [rio\\_ngii@norvuz.ru](mailto:rio_ngii@norvuz.ru)

---

Отпечатано с готового оригинал-макета в отделе ТСОиП ФГБОУВО «НГИИ»