

### Завдання 7.1. Геометричний аналіз для пологих і горизонтальних покладів

Побудувати графік режиму гірничих робіт для даного родовища, трансформувати його в календарний розподіл по рокам експлуатації (календарний графік гірничих робіт) і визначити річні об'єми видобувних і розкривних робіт з врахуванням підготовки розкритих запасів. Початковими матеріалами служать топографічні плани з нанесеними ізопотужностями порід і корисних копалин і межами кар'єру (див. рис. 7.1). Всі графічні побудови повинні виконуватись на міліметровому папері.

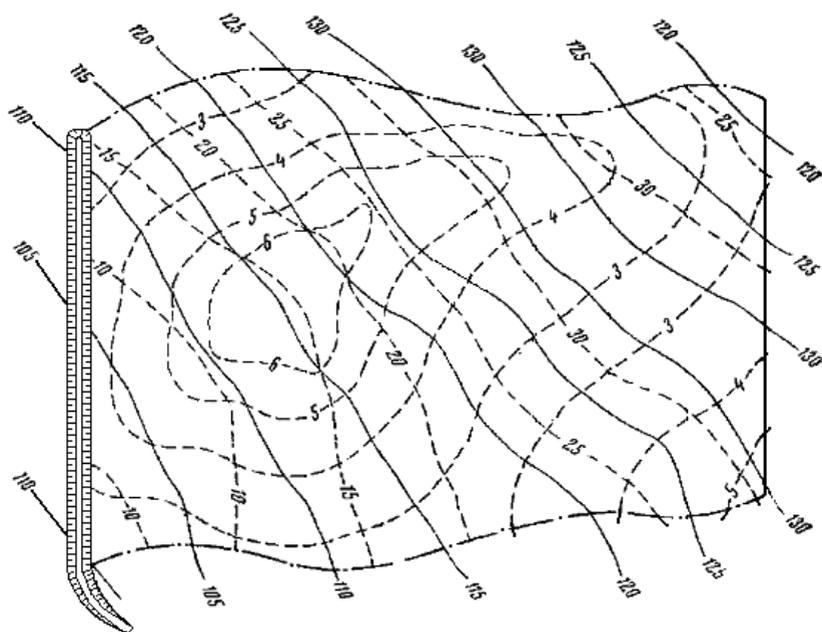


Рис. 7.1. План ізопотужностей розкривних порід і корисних копалин

#### Методика розв'язку

Для кожного з можливих варіантів розвитку гірничих робіт встановлюють первинне положення фронту робіт, ряд проміжних і кінцеве. В конкретних умовах число можливих і раціональних варіантів розвитку гірничих робіт звичайно невелике (2–4), так як розрізні траншеї завжди

намагаються розміщувати на ділянках з найменшою потужністю розкриву. Для кожного положення фронту встановлюють виймаємі об'єми розкривних порід і корисних копалин при просуванні фронту на одиницю довжини, тобто знаходять елементарні прирости об'ємів, за допомогою яких будується графік режиму гірничих робіт.

При побудові і підрахунку використовують наступні прийоми:

1. Згідно прийнятого напрямку розвитку робіт кар'єрне поле розбивається серією паралельних ліній, які фіксують етапи робіт (див. рис. 7.2). Кількість ліній 6–8 в простих умовах, 10–15 і більше в складних умовах. Лінії проводять через однаковий інтервал  $l_1 = l_2 = l_3$  і т.д.

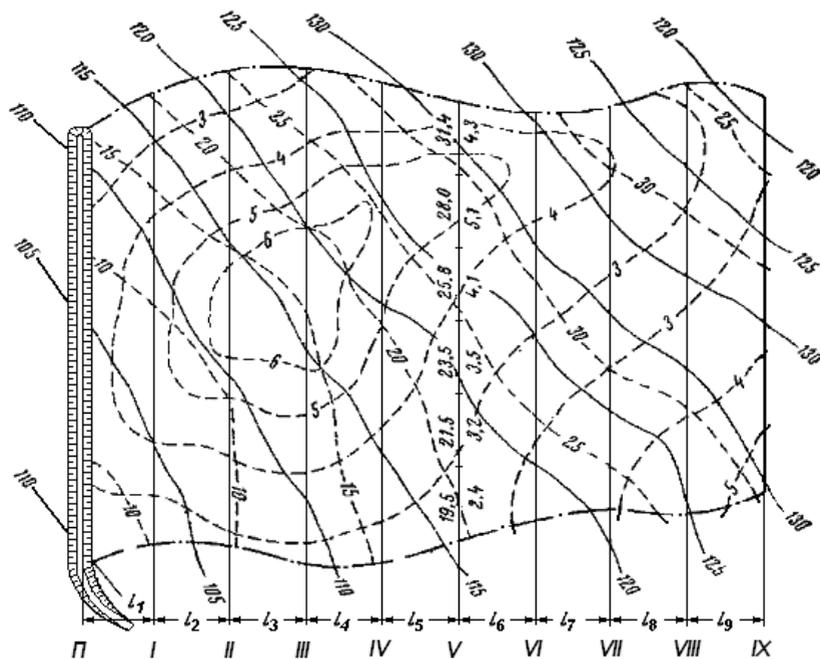


Рис. 7.2. Топографічний план поверхні кар'єру з графічними побудовами

2. Для встановлення вилучаємих об'ємів розкриву і корисної копалини при просуванні на одиницю довжини фронт робіт на кожній лінії розділяють (див. лінія етапу V на рис. 7.2) на ділянки однакової довжини по 10, 20 або 50 мм, залежно від масштабу креслення і складності планів ізопотужностей розкриву і корисної копалини. В середині кожної ділянки, користуючись відмітками ізопотужностей, проставляють значення потужності розкриву і корисних копалин. Для кожного етапу

ці значення відповідно підсумовуються, множаться на довжину однієї ділянки і лінійний масштаб.

3. Одержані дані відкладають у вигляді ординат корисних копалин і розкриття на графіку режиму гірничих робіт (див. рис. 7.3). На осі абсцис графіка в прийнятому масштабі наносять положення фронту робіт *I*, *II*, *III* і т.д. відповідно до відстаней між ними  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  і т. д., а на осі ординат — прирости площі корисних копалин і розкриття.

4. На цьому ж графіку на лініях ординат також відкладають в певному масштабі поточний коефіцієнт розкриття (відношення приростів площ розкриття і корисних копалин) і протяжність фронту робіт для кожного його положення. Отримані точки з'єднують ламаними лініями чи плавними кривими, які показують функціональну залежність вилучаємих об'ємів розкриття, корисних копалин і поточних коефіцієнтів розкриття від посування фронту робіт.

5. На цьому графіку, якщо він побудований в масштабі, площа, обмежена графіком корисних копалин, віссю абсцис і будь-якою парою ординат, показує об'єм виймаємих корисних копалин при посуванні фронту робіт в межах цих етапів. Площі, укладені між віссю абсцис і графіком розкриття, показують виймаємі об'єми розкриття. Загальна площа, обмежена початковим і кінцевим положенням фронту, виражає загальний об'єм корисних копалин, що вилучаються.

6. Підрахунок об'ємів розкриття і корисних копалин (вказаних вище площ) на графіку проводиться за допомогою таблиці. Приклад розрахунку наведено в табл. 7.1. Розділивши середні для кожного етапу ординати розкриття на відповідні ординати корисних копалин, одержують поточні коефіцієнти розкриття.

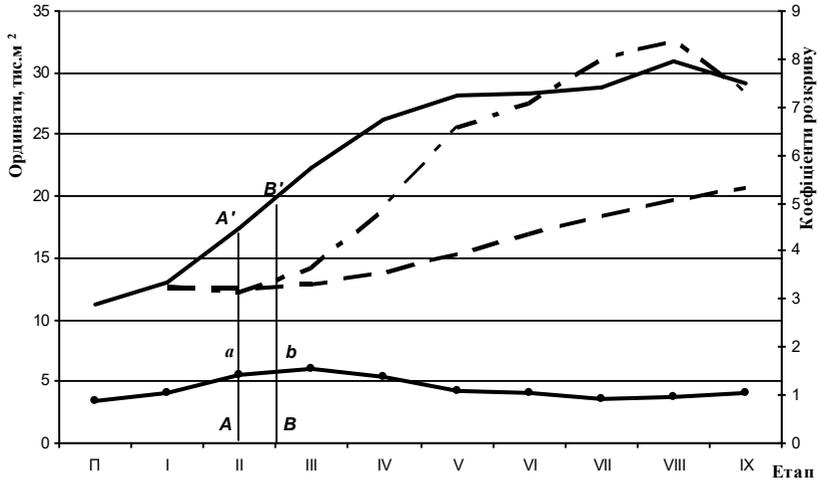
Поступний розподіл об'ємів, одержаний в результаті геометричного аналізу для вибору режиму гірничих робіт, необхідно трансформувати в календарний розподіл за роками експлуатації. Трансформація поступного графіку режиму гірничих робіт в календарний здійснюється наступним чином (див. рис. 7.3).

Запаси корисних копалин  $S_K$ , що відповідають посуванню фронту кар'єру на один етап, при потужності кар'єру для даного періоду  $\Pi_{Kx}$  відпрацьовуються за термін  $t_x = S_K : \Pi_{Kx}$  або

$$t_x = \frac{Y_{K.cp} l}{\Pi_{Kx}} = l / \left( \frac{\Pi_{Kx}}{Y_{K.cp}} \right) = \frac{l}{v_\phi},$$

де  $Y_{K.cp}$  — ордината графіка режиму по корисним копалинам в середині етапу (вертикальна проекція робочої зони по корисним копалинам), м<sup>2</sup>;  $l$  — протяжність етапу, м.

$V_{\phi}$  — швидкість посування фронту гірничих робіт, м/рік.



**Рис. 7.3. Графік режиму гірничих робіт**

- Розкриття
- Корисна копалина
- - - Поточний коеф.розкриття
- - - Середній коеф.розкриття

Встановивши величину  $t_x$  для кожного етапу, можна знайти початкові і кінцеві роки будь-якого етапу робіт:

$$\begin{cases} t_{x, \text{поч}} = t_I + t_{II} + \dots + t_{x-1}; \\ t_{x, \text{кін}} = t_I + t_{II} + \dots + t_x. \end{cases}$$

На основі такого розрахунку викреслюють календарний графік видобування корисних копалин по рокам існування, на якому ординатою корисних копалин в кожний період є прийнята виробнича потужність кар'єру (див. рис. 7.4).

Для того, щоб встановити рік початку видобувних робіт і календарний розподіл об'ємів розкривних робіт, необхідно також трансформувати графік розкривних порід. В початковий період, до досягнення проектної потужності кар'єру, з метою якнайшвидшого введення кар'єру в експлуатацію річні об'єми розкривних робіт встановлюють відповідно до можливого темпу посування фронту робіт або за графіком введення в роботу екскаваторів і фактично виконуваному ними об'єму. Таким чином знаходять тривалість виконання гірничо-капітальних робіт до здачі кар'єру в експлуатацію. Річні об'єми розкривних робіт в період

експлуатації визначають шляхом розподілу етапних об'ємів розкривних робіт ( $S_P = Y_{P,CP} I$ ) на термін відроблення даного етапу  $t_x$ . Ці річні об'єми відкладають у вигляді ординат в середині періоду, що відноситься до розробки даного етапу.

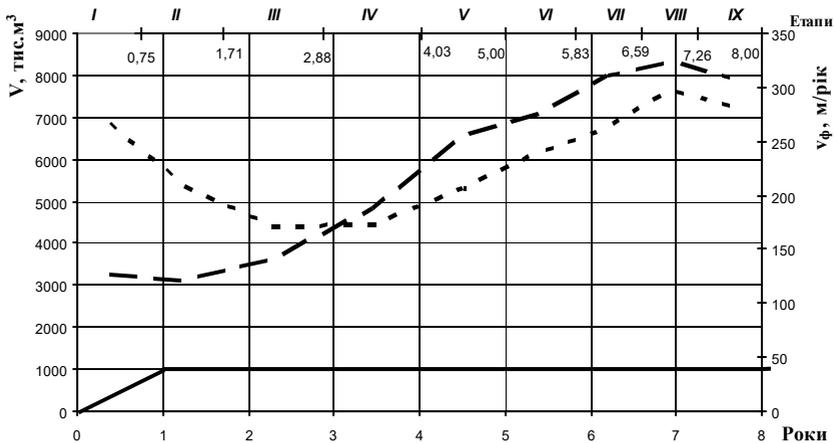
Таблиця 7.1

Таблиця підрахунку об'ємів порід і коефіцієнтів розкриву

Етап		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Лінія етапу		II	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Відстань між етапами, м		200	200	200	200	200	200	200	200	200	
Протяжність фронту робіт, км		1,12	1,16	1,23	1,29	1,25	1,15	1,08	1,04	1,11	1,04
Розкрив	Ординати, тис.м <sup>2</sup>	11,2	13,1	17,5	22,3	26,2	28,2	28,3	28,8	30,9	29,2
	Середні, тис.м <sup>2</sup>		12,2	15,3	19,9	24,25	27,2	28,25	28,55	29,85	30,05
	Об'єм, тис.м <sup>3</sup>		2430	3060	3980	4850	5440	5650	5710	5970	6010
	Сума, тис.м <sup>3</sup>		2430	5490	9470	14320	19760	25410	31120	37090	43100
Корисна копалина	Ординати, тис.м <sup>2</sup>	3,5	4,0	5,6	6,1	5,4	4,3	4,0	3,6	3,7	4,0
	Середні, тис.м <sup>2</sup>		3,75	4,8	5,85	5,75	4,85	4,15	3,8	3,65	3,85
	Об'єм, тис.м <sup>3</sup>		750	960	1170	1150	970	830	760	730	770
	Сума, тис.м <sup>3</sup>		750	1710	2880	4030	5000	5830	6590	7320	8090
Коефіцієнти розкриву	Поточні		3,28	3,13	3,66	4,85	6,56	7,08	8,00	8,35	7,30
	Середні		3,24	3,21	3,29	3,55	3,95	4,36	4,72	5,07	5,33

Якщо на графіку режиму побудована крива поточних коефіцієнтів розкриву  $K_T$ , ординати розкривних порід для календарного графіка знаходять шляхом множення ординат корисних копалин графіка режиму по етапам (див. рис. 7.3) на поточний коефіцієнт розкриву для відповідного етапу.

Кожна ордината гірничої маси на графіку режиму приблизно виражає (в квадраті масштабу креслення) площу вертикальної проекції робочої зони кар'єру. Вона складається з площ по розкривним породам і корисним копалинам, кожна з яких виражається своєю ординатою для даного положення фронту. Оскільки в кожний період часу кар'єр повинен мати розкриті запаси корисних копалин, для точнішого знаходження поточних коефіцієнтів розкриву слід ординати розкривних порід і ординати корисних копалин вимірювати не по одній ординатній лінії, наприклад  $AA'$  (рис. 7.3), а так, щоб ордината розкривних порід вимірювалася по лінії  $BB'$ , а ордината корисних копалин по лінії  $AA'$  з того розрахунку, щоб об'єм корисних копалин між лініями  $AA'$  і  $BB'$  (площа  $AaBB$ ) був би чисельно рівний величині розкритих запасів, необхідних для нормальної діяльності кар'єру.



**Рис. 7.4. Календарний графік гірничих робіт**

- Корисна копалина
- — Розкриття
- + — Етапи
- - - Швидкість просування фронту ГР

За графіком режиму шляхом множення середньої ординати на довжину етапу обчислюють поетапні і наростаючі об'єми корисних копалин і розкривних порід, які заносять в табл. 7.2.

Накопичені об'єми відкладають на графіку (див. рис. 7.5), ліва вертикальна шкала якого служить для об'ємів корисних копалин, а права — для об'ємів розкриття. На горизонтальній шкалі фіксують положення етапів гірничих робіт.

Таким чином, графік показує для кожного етапу виймаємі об'єми корисних копалин і розкриття від початку розробки.

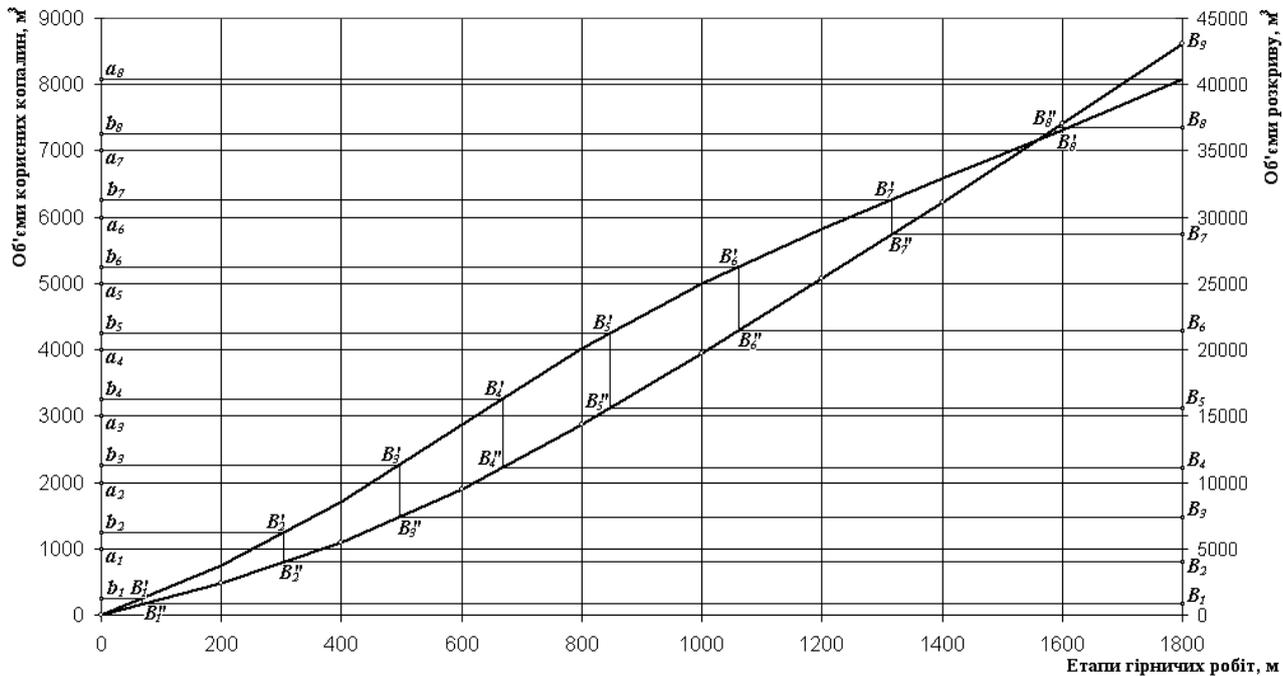


Рис. 7.5. Графік накопичених об'ємів гірничих робіт

Таблиця 7.2

## Об'єми гірничих робіт за етапами

Показники	Номер етапу								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Етапи гірничих робіт, м	0—200	200—400	400—600	600—800	800—1000	1000—1200	1200—1400	1400—1600	1600—1800
Об'єми корисних копалин за етапами $\Sigma Y_{к.ер.}$ , тис.м <sup>3</sup>	750	960	1170	1150	970	830	760	730	770
Накопичені об'єми корисних копалин $\Sigma Y_{к.ер.}$ , тис.м <sup>3</sup>	750	1710	2880	4030	5000	5830	6590	7320	8090
Об'єми розкриву за етап $V_p$ , тис. м <sup>3</sup>	2430	3060	3980	4850	5440	5650	5710	5970	6010
Накопичені об'єми розкриву $\Sigma V_p$ , тис.м <sup>3</sup>	2430	5490	9470	14320	19760	25410	31120	37090	43100
Швидкість посування фронту гірничих робіт, м/рік	266,67	208,33	170,94	173,91	206,19	240,96	263,16	298,63	283,12
Термін відробки, роки	0,75	0,96	1,17	1,15	0,97	0,83	0,76	0,67	0,71
Рік кінця відробки етапу	0,75	1,71	2,88	4,03	5,00	5,83	6,59	7,26	8,00

У табл. 7.3 вказуються для кожного року експлуатації кар'єру планова виробнича потужність по корисним копалинам і необхідні об'єми розкритих запасів.

Об'єми розкривних робіт, які необхідно виконати в кожний рік експлуатації кар'єру з урахуванням забезпечення планової потужності кар'єру і підготовки розкритих запасів, визначають по графіку (рис. 7.5). Для цього на шкалі корисної копалини в прийнятому масштабі відкладають річні об'єми корисної копалини (відрізки  $O-a_1, a_1-a_2, a_2-a_3$  і т.д.), планові об'єми розкритих запасів (відрізки  $O-b_1, a_1-b_2, a_2-b_3$  і т.д.), проводять горизонтальні лінії до перетину з графіком накопичених об'ємів корисної копалини (точки  $b'_1, b'_2, b'_3 \dots$ ). Проекції точок перетину на горизонтальну шкалу показують положення розкривних робіт на кожний рік експлуатації з урахуванням підготовки розкритих запасів. Від точок  $b'_1, b'_2, b'_3$  проводять вертикальні лінії до перетину з графіком накопичених об'ємів розкриву (точки  $b''_1, b''_2, b''_3 \dots$ ). Останні проектують на праву вертикальну шкалу (точки  $B_1, B_2, B_3 \dots$ ). Відрізки  $O-B_1, B_1-B_2, B_2-B_3$  і т.д. в прийнятому масштабі показуватимуть річні об'єми розкривних робіт. Ці об'єми заносять в останню графу табл. 7.3.

Побудований графік режиму гірничих робіт оцінюється економічно за капітальними витратами і за експлуатаційними витратами з урахуванням чинника часу у витрачаних засобів, їх повернення і доходів при реалізації продукції (так, як це виконується в роботах 5 і 6).

Повна оцінка дії чинника часу може проводитися тільки після трансформації поетапних графіків геометричного аналізу в графіки календарного розподілу об'ємів робіт. Разом з тим, якщо терміни освоєння проектної потужності кар'єру по гірничій масі і по корисній копалині

можуть бути прийняті однаковими для різних варіантів режиму, то економічну оцінку режиму можна проводити безпосередньо за поетапними графіками геометричного аналізу кар'єрного поля.

Таблиця 7.3

**Річні об'єми видобувних і розкривних робіт**

Показники	Роки робіт								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Річна потужність по корисній копалині, тис.м <sup>3</sup>	0	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1090
Планові об'єми розкритих запасів на початок наступного року, тис.м <sup>3</sup>	250	250	250	250	250	250	250	250	–
Накопичені об'єми розкриву, тис.м <sup>3</sup>	818	4182	7212	11210	15575	21606	28600	36575	43100
Річні об'єми розкривних робіт, тис.м <sup>3</sup>	818	3364	3030	3998	4365	6031	6994	7975	6525

Для зіставлення витрат, понесених в різні періоди розробки, їх проводять до певного моменту часу, наприклад, до моменту закінчення будівництва кар'єру. Економічна ефективність вкладення засобів може бути визначена у вигляді прибутку, вираженого приведеними значеннями різниці між сумарною реалізованою вартістю і сумарними витратами.

На основі зіставлення капітальних витрат, експлуатаційних витрат, загальних приведених витрат і відшкодування засобів, що витрачують, при реалізації корисної копалини вибирають за технологічними і економічними чинниками найвигідніший і найраціональніший варіант. Динаміка зміни економічних чинників при різних режимах гірничих робіт може бути зображена графічно.

Варіанти завдань наведені у додатку 9.

## Варіанти до завдання 7.1

Остання цифра залікової	Номер варіанту плану	Перша літера прізвища	Відстань між лініями етапів, м	Продуктивність підприємства по корисній копалині, млн.т
1	1	А, Б, В	200	1
2	2	Г, Д, Е	150	0,8
3	3	Є, Ж, З	250	1,2
4	4	И, І, Ї, Й	200	1
5	5	К, Л, М	150	0,75
6	1	Н, О, П	250	1,2
7	2	Р, С, Т	200	0,8
8	3	У, Ф, Х	150	0,75
9	4	Ц, Ч, Ш	250	1
0	5	Щ, Ю, Я	200	0,8

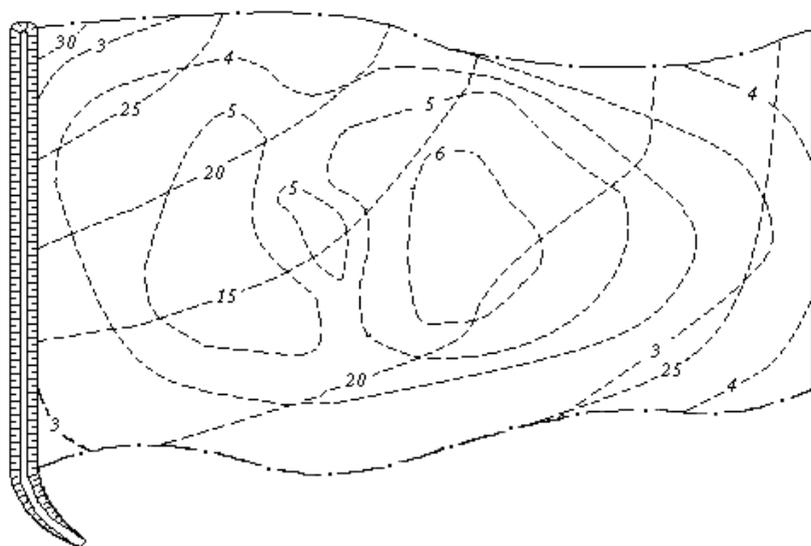
Масштаб наведених планів ізопотужностей розкривних порід і корисної копалини М 1:20000.

## Варіанти планів ізопотужностей

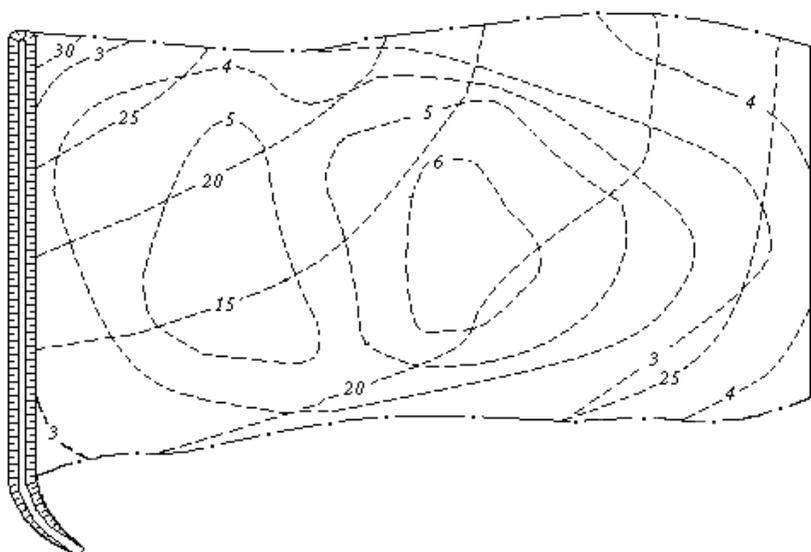
## Варіант 1



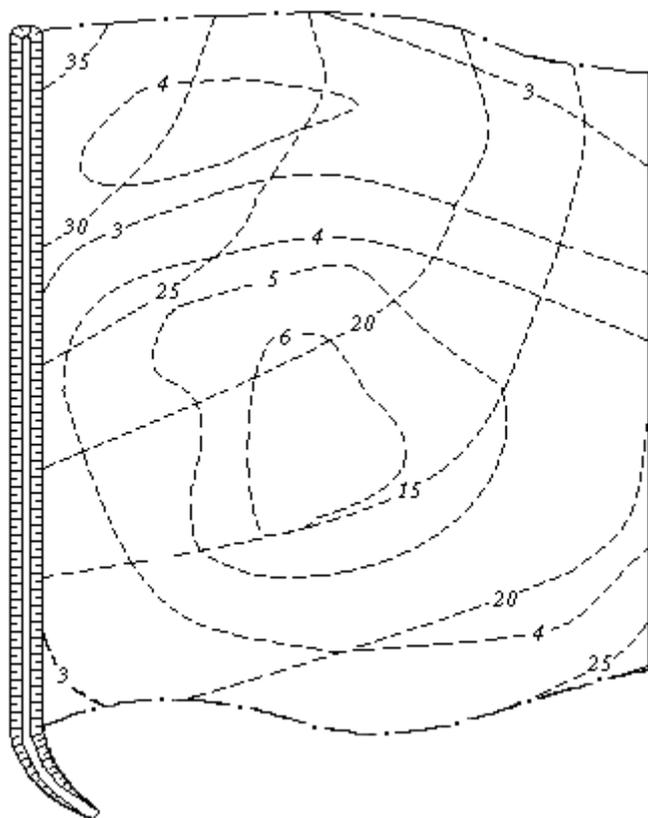
Варіант 2



Варіант 3



Вариант 4



Вариант 5

