



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 62168

(13) A

(51) 7 E21C41/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ РОЗРОБКИ КРУТОСПАДНИХ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

1

2

(21) 2003010026

(22) 02 01 2003

(24) 15 12 2003

(46) 15 12 2003, Бюл. № 12, 2003 р

(72) Сторчак Сергій Олександрович, Щелканов
Владлен Олександрович, Караманіч Федір Івано-
вич, Андреев Борис Миколайович, Корж Василь
Андрійович, Письменний Сергій Васильович

(73) КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Спосіб розробки родовищ корисних ко-
палін, що включає розподіл родовища на очисні
блоки, формування компенсаційного простору,
масове обвалення руди в очисному блоці та її ви-
пуск під «плаваючою» стелиною, який відрізня-
ється тим, що компенсаційний простір формують
під «плаваючою» стелиною випуском обваленої
руди з крайнього ряду випускних отворів, які при-
лягають до необваленого масиву суміжного (на-
ступного) очисного блока, а максимально допус-
тимий об'єм компенсаційного простору визначають
за формулою

$$V_{\text{кк}} = M_r \cdot \left((0,5(I_1 + I_{\text{кр}})^2 - I_{\text{кр}}^2) \cdot g \beta_{\text{об}} + K_{\text{п}} h_{\text{зат}}^2 \right),$$

де $V_{\text{кк}}$ - максимально допустимий об'єм компенса-
ційного простору, м^3 , M_r - потужність родовища, м , I_1 - відстань між вертикальною віссю еліпсоїда ви-
пуску і краєм «плаваючої» стелини, м , $I_{\text{кр}}$ - відстань між випускними отворами очисного
блока, м , $\beta_{\text{об}}$ - кут природного укосу, що утворюється при
випуску обваленої корисної копалини, град, $K_{\text{п}}$ - коефіцієнт переущільнення руди при масовому
обваленні у затиснутому середовищі, $h_{\text{зат}}^2$ - висота шару, який відбивається в затисну-
тому середовищі, м ,при цьому над сформованим компенсаційним про-
стором товщину «плаваючої» стелини визначають
за формулою

$$h_{\text{п}} = \sqrt{\frac{12B_{\text{бл}}^3 \gamma_2 \left(e^{\left(\frac{3\pi}{f} - 2,0 \right)} + 2,0 \right) K_{\text{зат}}^{\text{ст}}}{M_r [\sigma_p]}},$$

де $h_{\text{п}}$ - товщина «плаваючої» стелини, м , $B_{\text{бл}}$ - ширина блока родовища, що відпрацьовують,
 м , γ_2 - об'ємна вага обвалених порід, Н/м^3 , e - основа натурального логарифма, $\pi = 3,14$, f - коефіцієнт міцності порід за шкалою проф. М. М.
Протод'яконова, $K_{\text{зат}}^{\text{ст}}$ - коефіцієнт запасу міцності «плаваючої» сте-
лини, $[\sigma_p]$ - гранично допустиме напруження матеріалу
стелини на розрив, Н/м^2 ,при масовому обваленні руди в очисному блоці
руйнують нижній шар «плаваючої» стелини зі сто-
рони відбитої руди, товщину якого визначають за
формулою

$$h_{\text{побв}} = h_{\text{п}} - \frac{3B_{\text{бл}} \gamma_1 \pm B_{\text{бл}} \sqrt{9\gamma_1^2 + 8\gamma_2 \left(e^{\left(\frac{3\pi}{f} - 2,0 \right)} + 0,2 \right) [\sigma_p]}}{8[\sigma_p]},$$

де $h_{\text{побв}}$ - товщина нижнього шару «плаваючої»
стелини, який обпалюють, м , γ_1 - об'ємна вага масиву «плаваючої» стелини,
 Н/м^3 2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
«плаваючу» стелину формують «Г» - подібної фо-
рми, вертикальну твірну утворюють зі сторони від-
працьованого блока, ширину якого визначають за
виразом

$$B_{\text{зах}} = I_{\text{кр}} - (0,0758(h_{\text{пов}} - h_{\text{п}} - I_{\text{тг}} \beta_{\text{от}}) + 0,1309 d_{\text{в}}),$$

де $B_{\text{зах}}$ - ширина захисного виступу в нижній части-
ні «плаваючої» стелини, м , $h_{\text{пов}}$ - висота поверху, м , $d_{\text{в}}$ - діаметр випускного отвору, м ,а висота захисного виступу «плаваючої» стелини з
боку відпрацьованого блока складає

$$h_{\text{вис}} = h_{\text{п}},$$

де $h_{\text{вис}}$ - максимально допустима висота захисного
виступу, м

(13) A

(11) 62168

(19) UA

Винахід відноситься до гірничодобувної промисловості і може бути використаний для підземної розробки потужних крутоспадних родовищ системами з масовим обваленням корисної копалини.

Відомий спосіб розробки потужних крутоспадних родовищ системами з масовим обваленням та підлом очисного блоку на компенсаційну камеру, стеліну, міжблоковий цлик (див. Агошков М.И., Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений - М. Недра, 1986 - С. 521, рис. 283).

До недоліків даного способу відносяться необхідність формування компенсаційної камери в кожному очисному блоці, значні втрати і засмічення корисної копалини після масового обвалення,

богатостадійна технологія при відпрацьовуванні камери, цликів, низька інтенсивність гірничих робіт.

Як прототип обраний спосіб розробки крутоспадних родовищ корисних копалин, який включає розподіл родовища на очисні блоки, формування компенсаційного простору, масове обвалення руди в очисному блоці та її випуск під «плаваючою» стеліною (див. А.с. «№ 1659654 СССР Е 21 41/16 Способ разработки крутопадающих рудных тел / Щелканов В.А., Кудрявцев М.С., Дедюпин В.В., Чернокур В.Р. Опубл. 30.09.91 р. Бюл. № 24).

До недоліків даного способу відносяться шкідливий вплив масових вибухових робіт на «плаваючу» стеліну,

необхідність утворення в кожному очисному блоці компенсаційних камер,

низька інтенсивність гірничих робіт, тривалий час відпрацьовування очисних блоків.

Задачею даного винаходу є вдосконалення способу розробки крутоспадних родовищ корисних копалин системами з масовим обваленням за рахунок формування компенсаційного простору шляхом випуску руди з крайнього ряду випускних отворів, «плаваючої» стеліни зменшених розмірів із захисним виступом «Г» - подібної форми, вертикальну утворюючу формують зі сторони відпрацьованого блоку, що забезпечить зниження втрат та засмічення руди.

Поставлена задача досягається тим, що родовище розділяють на очисні блоки, формують компенсаційний простір, після чого масово обвалюють на нього руду та потім випускають її під «плаваючою» стеліною.

Відповідно до винаходу компенсаційний простір формують під «плаваючою» стеліною випуском обваленної руди з крайнього ряду випускних отворів, які прилягають до необваленого масиву суміжного, наступного очисного блоку, максимально допустимий об'єм компенсаційного простору визначають за формулою

$$V_{\text{кк}} = M_r \cdot ((0,5(l_1 + l_{\text{кр}})^2 - l_{\text{кр}}^2) \cdot \text{tg } \beta_{\text{от}} + K_n h_{\text{зак}}^2), \quad (1)$$

де $V_{\text{кк}}$ - максимально допустимий об'єм компенсаційного простору, м^3 ,

M_r - потужність родовища, м ,

l_1 - відстань між вертикальною віссю еліпсоїда випуску і краєм «плаваючої» стеліни, м ,

$l_{\text{кр}}$ - відстань між випускними отворами очисного блоку, м ,

$\beta_{\text{вд}}$ - кут природного укосу обваленної корисної копалини, град.

K_n - коефіцієнт переуцільнення руди при масовому обваленні у затиснутому середовищі,

$h_{\text{зак}}$ - висота прошарку руда, який відбивається в затиснутому середовищі, м .

Над сформованим компенсаційним простором формують «плаваючу» стеліну, товщину якої визначають за формулою

$$h_n = \sqrt{\frac{12B_{\text{бл}}^3 \gamma_2 (e^{\frac{3\pi}{f} - 2,0}) + 0,2) K_{\text{зак}}^{\text{ст}}}{M_r [\sigma_p]}}, \quad (2)$$

де h_n - товщина «плаваючої» стеліни, м ,

$B_{\text{бл}}$ - ширина блоку родовища, що відпрацьовують, м ,

γ_2 - об'ємна вага обвалених порід, Н/м^3 ,

e - основа натурального логарифма,

$\pi = 3,14$,

f - коефіцієнт міцності порід по шкалі проф. М.М. Протоцьконова,

$K_{\text{зак}}^{\text{ст}}$ - коефіцієнт запасу міцності «плаваючої» стеліни,

$[\sigma_p]$ - гранично допустиме напруження матеріалу «плаваючої» стеліни на розрив, Н/м^2 .

При масовому обваленні руди в очисному блоці руйнують нижній шар «плаваючої» стеліни зі сторони відбитої руди, товщину якою визначають за виразом

$$h_{\text{н.обр}} = h_n - \frac{3B_{\text{бл}} \gamma_1 \pm B_{\text{бл}} \sqrt{9\gamma_1^2 + 8\gamma_2 (e^{\frac{3\pi}{f} - 2,0}) + 0,2) [\sigma_p]}}{8[\sigma_p]}, \quad (3)$$

де $h_{\text{н.обр}}$ - товщина нижнього шару «плаваючої» стеліни, який обвалюють, м ,

γ_1 - об'ємна вага рудного масиву «плаваючої» стеліни, кН/м^3 .

Для зменшення бічного засмічення руди пустими породами «плаваючу» стеліну формують «Г» - подібної форми з захисним виступом, вертикальну утворюючу утворюють зі сторони відпрацьованого блоку. Параметри захисного виступу визначають таким чином

ширину із виразу

$$B_{\text{зак}} = l_{\text{кр}} - (0,0758(h_{\text{пов}} - h_n - l_1 \text{tg } \beta_{\text{от}}) + 0,1309 d_{\text{в}}), \quad (4)$$

де $B_{\text{зак}}$ - ширина захисного виступу в нижній частині «плаваючої» стеліни, м ,

$h_{\text{пов}}$ - висота поверху, м ,

$d_{\text{в}}$ - діаметр випускного отвору, м ,

висоту захисного виступу «плаваючої» стеліни з боку відпрацьованого блоку

$$h_{\text{вис}} = h_n, \quad (5)$$

де $h_{\text{вис}}$ - максимально допустима висота захисного виступу, м

Сутність запропонованого способу пояснюється схемами, де на фіг 1 - показане формування в першому очисному блоці вертикальної компенсаційної камери, на фіг 2 - відбивання руди на вертикальну компенсаційну камеру, на фіг 3 - схема утворення компенсаційного простору в очисному блоці, на фіг 4 - масове обвалення й утворення «плаваючої» стелини, на фіг 5 - випуск руди з першого блоку і відпрацьовування наступного, на фіг 6 - схема для визначення об'єму компенсаційного простору, на фіг 7 - розрахункова схема для визначення товщини «плаваючої» стелини, на фіг 8 - розрахункова схема для визначення товщини нижньої частини «плаваючої» стелини, яку обвалюють

Заявлений спосіб розробки реалізується таким чином

Родовище по простяганню розділяють на очисні блоки шириною $B_{\text{бл}}$ та довжиною, яка дорівнює горизонтальній потужності родовища M_r . Підготовку в межах першого очисного блоку 1 здійснюють по традиційній технології, яка включає: проведення підготовчо-нарізних горизонтальних і вертикальних виробок. Запаси відпрацьовують системами поверхового примусового обвалення на вертикальний компенсаційний простір 2, залишаючи у верхній частині блоку захисне перекриття 3 («плаваючу» стелину) із масиву корисної копалини «Плаваюча» стелина 3, служить для запобігання проникненню обвалених пустих порід 4 в очисний блок 1, в якому формують компенсаційний простір. Товщину «плаваючої» стелини визначають з умови стійкості корисної копалини на розрив із виразу

$$h_n \geq \sqrt{\frac{12B_{\text{бл}}P}{M_r[\sigma_p]}}, \quad (6)$$

де h_n - товщина «плаваючої» стелини, м,
 $B_{\text{бл}}$ - зпкрина блоку родовища, що відпрацьовують, м,

P - питоме навантаження обвалених порід на «плаваючу» стелину, кН/м^2 ,

M_r - горизонтальна потужність родовища, м,

$[\sigma_p]$ - гранично допустиме напруження матеріалу стелини на розрив, кН/м^2

Питоме навантаження порід 4 на «плаваючу» стелину 3, визначають з умови формування склепіння природної рівноваги за формулою

$$P = B_{\text{бл}} \gamma_n H_{\text{св}}, \quad (7)$$

де γ_n - об'ємна щільність обвалених порід, кН/м^3 ,

$H_{\text{св}}$ - висота склепіння, що утворюється обваленими породами над «плаваючою» стелиною, визначається за виразом

$$H_{\text{св}} = B_{\text{бл}} \cdot (e^{(3\pi/f-2)} + 0,2), \quad (8)$$

e - основа натуральною логарифма

$\pi = 3,14$,

f - коефіцієнт міцності порід по шкалі проф. Протодіяконова

Після підстановки виразів (7) і (8) у (6), одержимо остаточну формулу визначення мінімально допустимої товщини «плаваючої» стелини

$$h_n = \sqrt{\frac{12B_{\text{бл}}^3 \gamma_n (e^{(3\pi/f-2)} + 0,2) K_{\text{заж}}^{\text{ст}}}{M_r[\sigma_p]}}, \quad (9)$$

де $K_{\text{заж}}^{\text{ст}}$ - коефіцієнт запасу міцності «плаваючої» стелини, (для умов Кривбасу приймається 3 - 5)

Сформувавши у верхній частині блоку «плаваючу» стелину, оббурюють і обвалюють масив руди 2 вертикальними виїлами свердловин на вертикальний компенсаційний простір 1, обвалену руду 5 випускають із крайнього ряду випускних отворів 6, що прилягають до непорушеного масиву суміжного наступного очисного блоку 7. Випуск продовжують до того часу, поки під «плаваючою» стелиною 3 не сформується воронка випуску (компенсаційний простір) 8. Відбивання суміжного наступного очисного блоку здійснюється частково в затиснутому середовищі і на сформований компенсаційний простір 8

Максимально допустимий об'єм сформованого компенсаційного простору визначають по формулі

$$V_{\text{кк}} = V_{\text{кл}} + V_3 \quad (10)$$

де $V_{\text{кк}}$ - максимально допустимий об'єм компенсаційного простору, м^3 ,

$V_{\text{кл}}$ - максимально допустимий об'єм воронки випуску сформованої за рахунок випуску руди з крайнього ряду випускних отворів, які прилягають до суміжного необваленого блоку, м^3 ,

V_3 - об'єм, на який переуцільнюється масив корисної копалини 1, після масового обвалення наступного суміжного блоку 5, м^3 ,

Максимально допустимий об'єм компенсаційного простору 8, сформованого в процесі випуску руди з очисного блоку, визначають за виразом

$$V_{\text{кк}} = M_r \cdot \text{tg} \beta \cdot (0,5l_1^2 + 0,5l_{\text{кр}}^2 + l_{\text{кр}}(l_1 - l_{\text{кр}})), \quad (11)$$

де β - кут природного укосу обваленої корисної копалини, град,

$l_{\text{кр}}$ - відстань між випускними отворами очисного блоку, м,

l_1 - відстань між вертикальною віссю еліпсоїду випуску та краєм «плаваючої» стелини, м

Об'єм розпушеної руди 5, на який переуцільнюється уже обвалений рудний масив у період масового обвалення суміжного блоку 7, визначають за формулою

$$V_3 = B_3 M_r h_3, \quad (12)$$

де B_3 - максимально допустима ширина зсуву розпушеного шару корисної копалини при масовому обваленні масиву, м

Максимально допустиму ширину зсуву визначають за виразом

$$B_3 = K_n h_3 \quad (13)$$

K_n - коефіцієнт переуцільнення руди при масовому вибуху у затиснутому середовищі і визначають за формулою

$$K_n = \frac{K_p - K_{p1}}{K_p}, \quad (14)$$

де K_p - коефіцієнт вторинного розпушення руди,

K_{p1} - коефіцієнт розпушення руди, яка обвалюється (приймається 1,2)

За даними результатів спостережень та вимірів, для умов Кривбасу коефіцієнт переуцільнення руди K_p приймається $0,080 \div 0,083$

h_3 - висота шару, який обвалюють у затиснутому середовищі визначають за виразом

$$h_3 = h_{пов} - h_n - h_b = h_{пов} - h_n - l \cdot \operatorname{tg} \beta_{от} \quad (15)$$

де $h_{пов}$ - висота поверху, м,

h_b - максимальна глибина воронки випуску, м
Після підстановки виразів (11-15) в (10) та перетворень отримуємо остаточної формулу визначення максимально допустимого об'єму компенсаційного простору

$$V_{кк} = M_p \cdot ((0,5(l_1 + l_{кр})^2 - l_{кр}^2) \operatorname{tg} \beta_{от} + K_p h_{зак}^2) \quad (16)$$

Після формування компенсаційного простору підготовлюють сусідній блок до масового обвалення, розбурювання, і підривання глибоких свердловин. Одночасно з масовим обваленням суміжного блоку 7, руйнують нижній прошарок 9 «плаваючої» стелини 3 і відрізають від масиву корисної копалини «плаваючу» стелину 10, із зменшеною висотою

Товщину нижньої частини «плаваючої» стелини, яку відбивають визначають за формулою

$$h_n^{обр} = h_n - h_{пп}, \quad (17)$$

де $h_n^{обр}$ - товщина нижньої частини «плаваючої» стелини, яку відбивають, м,

$h_{пп}$ - мінімально допустима товщина «плаваючої» стелини, м

Розглянемо окремих блок «плаваючої» стелини, який переміщується разом з обваленою рудою, як двоопорна балка. Умова міцності двоопорної балки довжиною ($B_{бл}$), по теорії опору матеріалів визначають за формулою

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_{н.о}} \leq [\sigma_p] \quad (18)$$

де M_{max} - максимальний момент опору в середній частині прольоту оголення $B_{бл}$ «плаваючої» стелини,

$W_{н.о}$ - момент опору поперечного перерізу «плаваючої» стелини

Максимальний момент опору у середній частині прольоту оголення $B_{бл}$ «плаваючої» стелини з урахуванням стелини і порід, що налягають вище, визначають за виразом

$$M_{max} = \frac{B_{бл}^2 (h_{пп} \gamma_1 + \gamma_2 (e^{(3\pi/f-2,0)} + 0,2))}{8}, \quad (19)$$

де l - ширина окремого блоку «плаваючої» стелини, яка дорівнює 1м

Момент опору поперечного перетину «плаваючої» стелини визначають за виразом

$$W_{н.о} = I h_{пп}^2 / 6 \quad (20)$$

Після підстановки у вираз (18) значень, які в нього входять, і перетворення відносно $h_{пп}$, одержимо формулу для визначення мінімально допустимої товщини «плаваючої» стелини

$$h = \frac{3B_{бл}\gamma_1 \pm B_{бл}\sqrt{9\gamma_1^2 + 8\gamma_2(e^{(3\pi/f-2,0)} + 0,2)[\sigma_p]}}{8[\sigma_p]} \quad (21)$$

Підставивши у формулу (17) значення $h_{пп}$, отримуємо остаточної формулу для визначення товщини нижнього прошарку «плаваючої» стелини, що обвалюють

$$h_{н.обр} = h_n - \frac{3B_{бл}\gamma_1 \pm B_{бл}\sqrt{9\gamma_1^2 + 8\gamma_2(e^{(3\pi/f-2,0)} + 0,2)[\sigma_p]}}{8[\sigma_p]} \quad (22)$$

Це дозволить зменшити запаси руди в «плаваючій» стелині, які тимчасово консервуються

При випуску корисної копалини під «плаваючою» стелиною 10, формується компенсаційний простір 11. Так, як розпушення в блоці не однорідне, то існує можливість виходу воронки випуску за межі «плаваючої» стелини 10. У результаті чого, можливе бічне засмічення і зниження якості руди. Для запобігання бічному засміченню «плаваючу» стелину формують «Г» - подібної форми з захисним виступом із боку обвалених порід

Вертикальну частину захисного виступу визначають за виразом

$$B_{зах} = l_{кр} - (0,0758(H_{эт} - h_n - l \operatorname{tg} \beta_{от}) + 0,1309 d_b), \quad (23)$$

де $B_{зах}$ - ширина захисного виступу в нижній частині «плаваючої» стелини, м,

$H_{эт}$ - висота поверху, м,

d_b - діаметр вихідного отвору, м

Висота захисного виступу «плаваючої» стелини зі сторони відпрацьованого блоку складає

$$h_{вис} = h_n, \quad (24)$$

де $h_{вис}$ - максимально допустима товщина захисного виступу, м

Масовий випуск відбитої руди з очисного блоку здійснюють із випускних отворів 12. Випуск обваленої руди приймають рівномірно-попередній, з випередженням у центральній частині блоку, для створення попереднього розпушення корисної копалини, що забезпечить плавне опускання «плаваючої» стелини

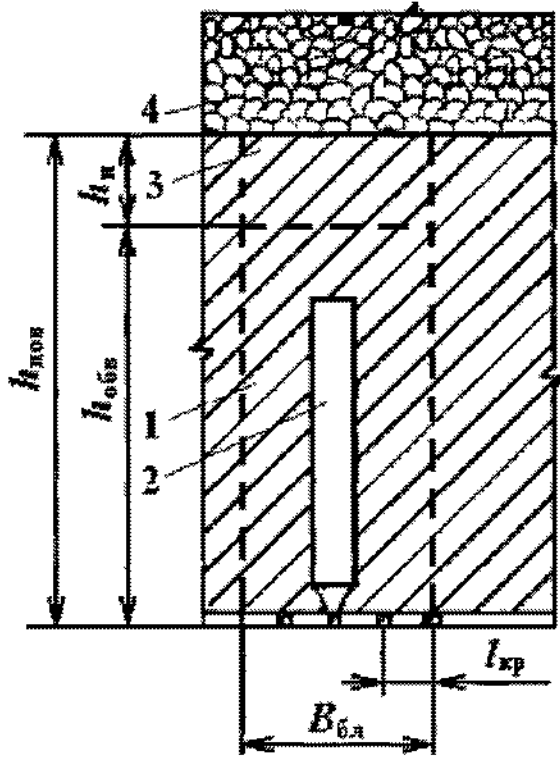
Подальший випуск корисної копалини не залежить від ведення прицих робіт у наступному суміжному блоці

Після формування у блоці «плаваючої» стелини, приступають до підготовки наступного очисного блоку за технологією, яка описана вище, тобто формують компенсаційний простір під «плаваючою» стелиною випуском руди з крайнього ряду випускних отворів

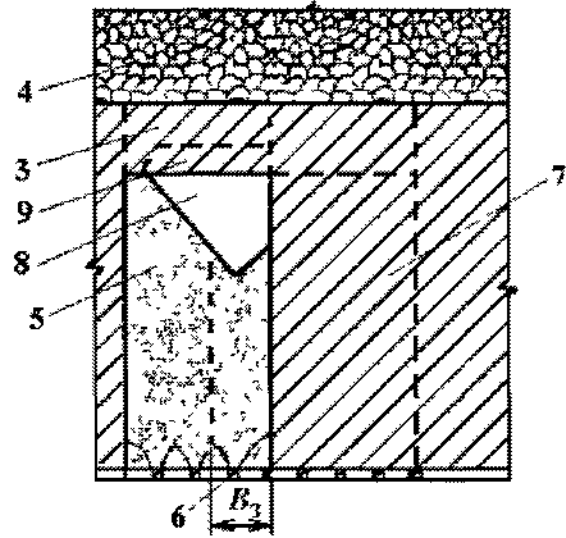
Прийнявши фізико-механічні властивості рудного масиву характерні для Криворізького басейну, одержимо наступні результати розрахунків

Так, при $[\sigma_p] = 0,3 \text{ Н/см}^2$ товщина «плаваючої»

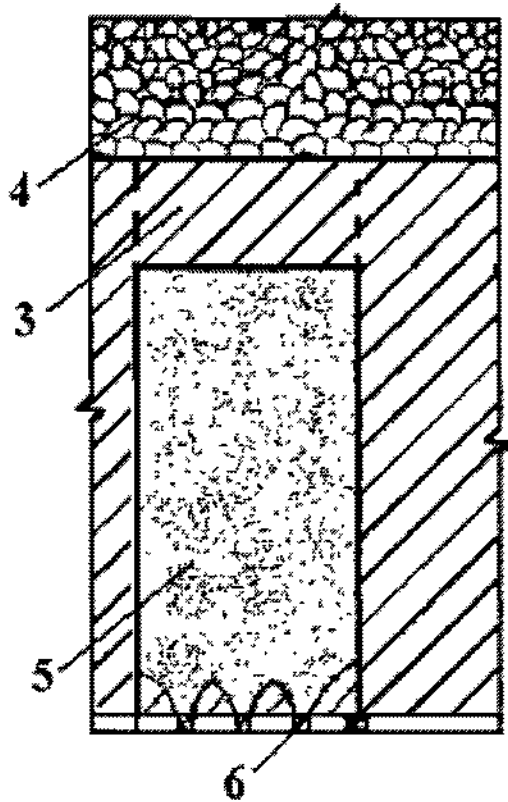
стелини зменшується з 12м до 8м. Втрати руди при видобутку по традиційній технології складають 15%, по варіанту що заявляється з урахуванням 80% запасів із «плаваючої» стелини - 9,5%, що в 1,3 рази менше, при цьому засмічення зменшується в 1,7 рази



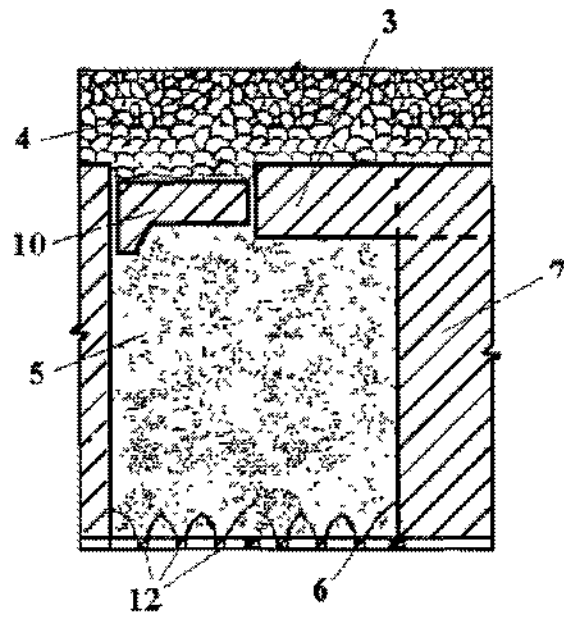
Фиг. 1



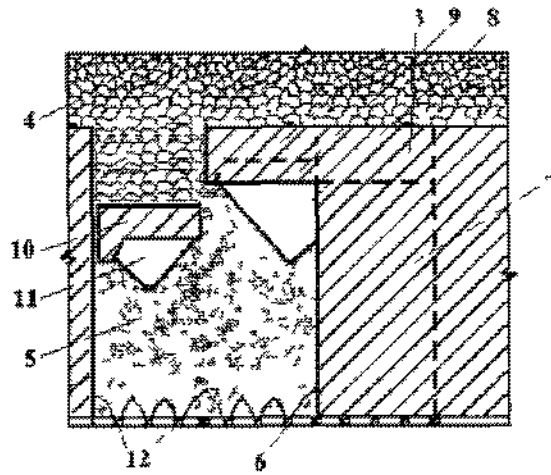
Фиг. 3



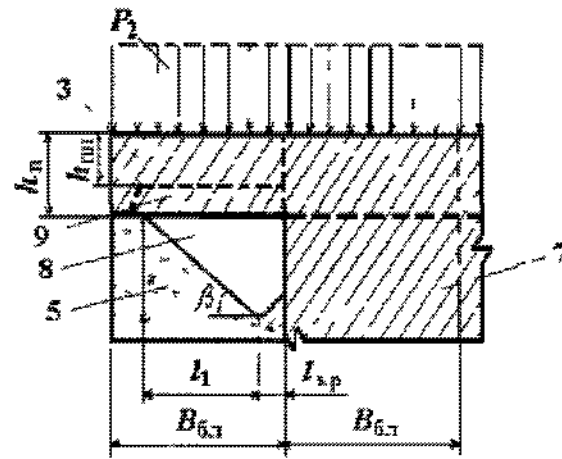
Фиг. 2



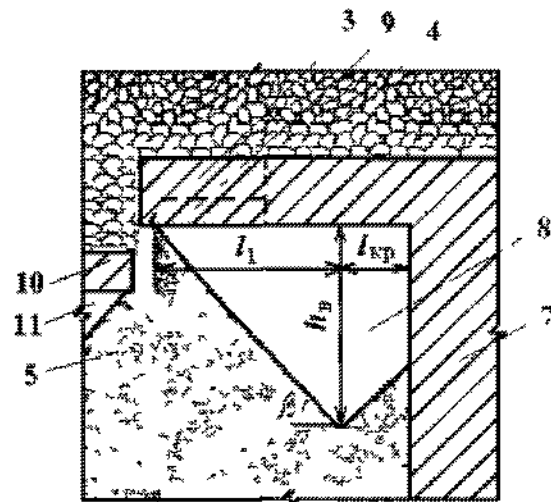
Фиг. 4



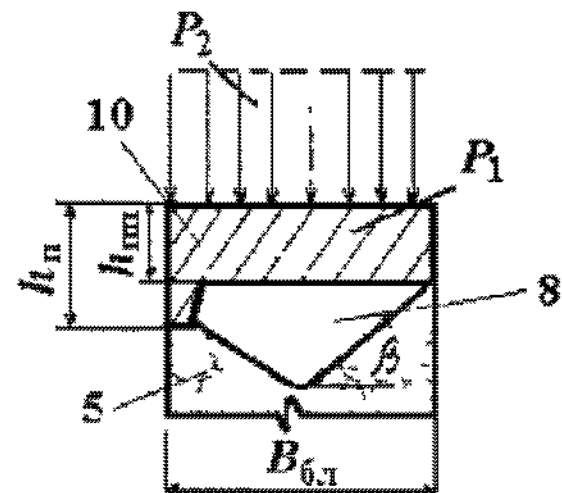
Фиг. 5



Фиг. 7



Фиг. 6



Фиг. 8