

Geomechaniczne uzasadnienie parametrów filarów przy eksploatacji złóż blisko leżących w kopalni „Kajerkanskij”

Геомеханическое обоснование параметров целиков при разработке сближенных залежей на руднике «Кайерканский»

W artykule rozpatrzono proces komputerowego modelowania stanu naprężeń w ławicy nr 4 pod wpływem robót górniczych w ławicy nr 2. Przytoczono wyniki ilościowej oceny parametrów filarów w zastosowaniu do ławicy nr 4 z uwzględnieniem wybierania ławicy nr 2.

Рассмотрен процесс компьютерного моделирования напряженного состояния рудной пачки № 4 от влияния горных работ в рудной пачке № 2. Приведены результаты количественной оценки параметров целиков применительно к пачке № 4 с учетом влияния очистной выемки запасов рудной пачки № 2.

Kopalnia „Kajerkanskij” wchodzi w skład kombinatu górniczo-hutniczego „Norylski Nikiel” (Zapoliarnyj filiał OAO „GMK Norilskij Nikiel”) i eksploatuje kalargońskie złoża wapienne [1]. Użyteczna ława pod względem stopnia dolomityzacji i marglistości dzieli się na 6 ławic (warstw złoża), którym nadano numery od 1 do 6 od góry do dołu. Obiektami eksploatacji są złoża nr 2 i nr 4, zbudowane z czystych i słabo marglistych (cementowych) wapieni. Odległość między złożami nr 2 i nr 4 wynosi 8-10 m. Głębokość zalegania złoża nr 2 waha się od 8,5 m w części wschodniej do 200 m w części zachodniej. Eksploatacja zasobów odbywa się systemem komorowo-filarowym z pozostawieniem w wyrobiskach wydłużonych filarów oporowych. Prace górnicze prowadzone są z uwzględnieniem następujących parametrów: szerokość komór wybierkowych – przeważnie 6 m, szerokość filarów – 3 m, wysokość komór – 7 m. Dla uzupełnienia ubywających zasobów złoża nr 2 rozpatrzono możliwość eksploatacji zasobów złoża nr 4. W związku z tym sformułowano zadanie mające

Rudnik «Кайерканский» входит в состав Заполярного филиала ОАО «ГМК Норильский Никель» и разрабатывает Каларгонское месторождение известняков [1]. Полезная толща по степени доломитизации и мергелистости разделена на 6 пачек (рудных залежей), получивших номера от 1 до 6 сверху вниз. Объектами эксплуатации являются рудные залежи № 2 и № 4, сложенные чистыми и слабомергелистыми (цементными) известняками. Расстояние между залежами № 2 и № 4 составляет 8-10 м. Глубина залегания залежи № 2 колеблется от 8,5 м на востоке, до 200,0 м – на западе. Оработка запасов осуществляется камерно-столбовой системой разработки с оставлением в выработанном пространстве ленточных целиков. Горные работы ведутся при следующих параметрах: ширина очистных камер, в основном, – 6 м, ширина целиков – 3 м, высота камер – 7 м. Для восполнения выбывающих запасов залежи № 2 была рассмотрена возможность разработки запасов залежи № 4. В связи с этим, была сформу-

na celu uzasadnienie parametrów konstruktywnych elementów systemu eksploatacji zasobów złoża nr 4 z uwzględnieniem wpływów eksploatacji złoża nr 2.

Tworzenie modelu геомехanicznego

Masyw górotworu, wobec specyfiki jego kształtowania i budowy, stanowi złożony obiekt badawczy [2]. Specyficzną cechą jego budowy jest obecność zbioru powierzchni kontaktowych, ograniczających strukturalne elementy masywu (bloki, warstwy), których charakter współdziałania w istotnym stopniu wpływa na objawy ciśnienia górotworu. Na pole naprężeń w strefach ciśnienia podporowego wywiera wpływ znaczna ilość różnych czynników. Można je podzielić na górniczo-geologiczne, geometryczne i mechaniczne.

Własności plastyczne skał górotworu nie są uwzględniane, ponieważ skały górotworu zwykle nie cechują się własnościami plastycznymi przy ciśnieniach, odpowiadających głębokości eksploatacji w granicach 100-150 m. Dlatego plastyczna część chwilowych (to jest, powstających w momencie przyłożenia obciążenia) odkształceń skał może być pominięta.

Szczelinowatość górotworu uwzględnia się poprzez wprowadzenie współczynnika osłabienia strukturalnego, zgodnie z zaleceniami przytoczonymi w pracy [1]. Szczelinowatość górotworu wywiera wpływ na obniżenie granicy wytrzymałości skał. W stanie naturalnym szczeliny zwykle w większości są zamknięte, skoro masyw górotworu znajduje się pod wpływem trójosiowego ciśnienia. Podczas prowadzenia robót górniczych szczeliny uzyskują możliwość rozwarcia się w strefach odciążenia pod wpływem ciśnienia górotworu. Ich rozwarcie wywiera wpływ na prawidłowości przemieszczeń skał górotworu.

W charakterze schematu stanu naprężenia i odkształcenia masywu górotworu, jako schemat przyjmuje się ośrodek liniowo-sprężysty. Zgodnie z zaleceniami K.W. Ruppeneita masyw górotworu w miejscach, gdzie brak jest odkształceń niszczących, uważa się za ośrodek liniowo-sprężysty i przyjmuje się średnie wartości stałych sprężystości. Ciężar objętościowy skał przyjmuje się jako stały, równy średniej wartości dla typowych skał ($2,7-3,0 \text{ Mg/m}^3$). Ciężar objętościowy materiału złoża może być pominięty, ponieważ jego miąższość jest znacznie mniejsza od głębokości zalegania ($m_z \ll H$). Zarówno skały, jak i złoża poza strefą odkształceń niszczących uważa się za ośrodek ciągły.

Pionowe naprężenia ściskania nienaruszonego masywu górotworu przyjmuje się jako równe ciężarowi

lirowana задача, касающийся обоснования параметров конструктивных элементов системы разработки запасов залежи № 4 с учетом влияния разработки залежи № 2.

Формирование геомеханической модели

Массив горных пород в силу особенностей его формирования и строения представляет собой сложный объект для исследований [2]. Главной особенностью его строения является наличие совокупности контактных поверхностей, ограничивающих структурные элементы массива (блоки, слои), характер взаимодействия которых существенно сказывается на проявлениях горного давления. На поле напряжений в зонах опорного давления оказывает влияние большое число различных факторов. Их можно разделить на горно-геологические, геометрические и механические.

Пластические свойства горных пород не учитываются, так как горные породы, как правило, не проявляют пластических свойств при давлениях, соответствующих глубинам разработки 100-150 м. Поэтому пластическая часть мгновенных (т.е. возникающих в момент приложения нагрузки) деформаций для пород может не учитываться.

Трещиноватость горного массива учитывается путем введения коэффициента структурного ослабления в соответствии с рекомендациями приведенными в работе [1]. Трещиноватость горного массива оказывает влияние на уменьшение предела прочности пород. В естественном состоянии большинство трещин, как правило, закрыто, поскольку массив находится под действием трехосного сжатия. При ведении очистных работ трещины получают возможность раскрываться в областях разгрузки от действия горного давления. Их раскрытие сказывается на закономерностях смещений горных пород.

В качестве схемы напряженно-деформированного состояния массива горных пород принимается линейно-упругая среда. В соответствии с рекомендациями К.В. Руппенейта массив горных пород в тех местах, где отсутствуют разрушения, считается линейно-упругой средой, принимая упругие константы средними значениями. Объемный вес пород принимается постоянным, равным среднему значению для типичных горных пород ($2,7-3,0 \text{ Mg/m}^3$). Объемный вес материала рудной залежи может не учитываться, поскольку ее мощность значительно меньше глубины залегания ($m_z \ll H$). Как породы, так и рудная залежь вне зоны разрушений считаются сплошной средой.

Вертикальные сжимающие напряжения нетронутого массива горных пород принимаются равными

słupa skał do powierzchni o przekroju jednostko wym. Z warunków $\tau_{xz_0} = 0$ i $\tau_{zy_0} = 0$ wynika, że w przypadku poziomej (lub zbliżonej do poziomej) powierzchni ziemi naprężenia pionowe σ_{z_0} są równe ciężarowi skalnego słupa o przekroju jednostkowym: $\sigma_{z_0} = -\gamma H$ (gdzie: γ – średni ciężar objętościowy, Mg/m³; H – głębokość eksploatacji, m).

Parametry geometryczne filarów i komór na planie i w przekroju, położenie filarów i komór w bloku wybierkowym uwzględnia się w drodze przestrzennego (3D) określenia zadania. Geometryczne parametry filarów i komór uwzględnia się w granicznych równaniach całkowych modelu matematycznego.

Stan naprężenia filarów międzykomorowych złoża nr 2 określa się z zastosowaniem metod teorii sprężystości mechaniki ośrodka ciągłego. W procesie eksploatacji złoża na naturalne pole naprężeń, istniejące w masywie górotworu, nakłada się pole naprężeń, powstałe pod wpływem robót górniczych. Część strefy wpływów wyrobiska wybierkowego, w granicach której naprężenia normalne, działające prostopadle do uwarstwienia (płaszczyzny eksploatacji), są mniejsze od odpowiadających im naprężeń w nienaruszonym masywie, uważana jest za strefę odciążoną. Obejmuje ona dość dużą przestrzeń nad i pod wyrobiskiem. Jej wymiary i położenie określa szerokość wyrobiska wybierkowego, głębokość eksploatacji, kąt nachylenia i miąższość wybieranej warstwy, skład i kolejność warstw oraz własności mechaniczne skał masywu górotworu.

Odciążenie sprzyja rozwarstwianiu skał stropowych, poślizgowi na płaszczyznach kontaktowych warstw nadbieranych, a szczególnie – podbieranych, pojawianiu się i rozwieraniu szczelin, ukierunkowanych normalnie w stosunku do uwarstwienia i nie zawsze pokrywających się ze szczelinami istniejącymi w nienaruszonym przez roboty górnicze masywie górotworu.

Jeśli intensywność tych procesów w skałach stropowych jest duża, to w znajdujących się najbliżej wyrobiska warstwach stropu może powstać strefa bezładnego zawału, w której skały rozpadają się na bryły i ulegają znacznemu rozluźnieniu. Jednak w określonych warunkach nie dochodzi do zawału stropu. Jak wskazano w pracy [3], takie zjawisko ma miejsce, po pierwsze, gdy szerokość wyrobiska jest zbyt mała, aby spowodować zawał stropu, po drugie, gdy złożo stanowią bardzo wytrzymałe kopaliny, oraz po trzecie – przy bardzo małej miąższości złoża kopaliny.

Tworząca się w stropie naturalna równowaga charakteryzuje się tym, że jego skały uzyskują podparcie

wесу столба горных пород до земной поверхности единичного сечения. Из условий $\tau_{xz_0} = 0$ и $\tau_{zy_0} = 0$ следует, что в случае горизонтальной (или близкой к ней) земной поверхности, вертикальные напряжения σ_{z_0} равны весу столба пород единичного сечения: $\sigma_{z_0} = -\gamma H$ (где: γ – средний объемный вес, Mg/m³; H – глубина разработки, м).

Геометрические параметры целиков и камер в плане и разрезе, месторасположение целиков и камер в очистном блоке учитывается за счет объемной (3D) постановки задачи. Геометрические параметры целиков и камер учитываются в граничных интегральных уравнениях математической модели.

Напряженное состояние междукамерных целиков рудной залежи № 2 определяется с применением методов теории упругости механики сплошной среды. В процессе отработки месторождения на естественное поле напряжений, существующее в горном массиве, накладывается поле напряжений, возникающее под влиянием горных работ. Часть области влияния очистной выработки, в пределах которой нормальные напряжения, действующие перпендикулярно к напластованию (плоскости отработки), меньше соответствующих напряжений в нетронутым массиве, считается зоной разгрузки. Она охватывает достаточно большую область над и под выработкой. Ее размеры и положение определяется шириной очистной выработки, глубиной разработки, углом падения и мощностью разрабатываемого слоя, составом, чередованием слоев и механическими свойствами массива горных пород.

Разгрузка способствует расслоению пород кровли, проскальзыванию на контактах над и особенно подработанных слоев, появлению и раскрытию трещин, нормальных к напластованию и не всегда совпадающих с трещинами, имевшимися в нетронутым горными работами массиве.

Если интенсивность этих процессов в породах кровли велика, то в ближайших к выработке ее слоях может возникать зона беспорядочного обрушения, в которой породы разделяются на глыбы и сильно разрыхляются. Однако при определенных условиях обрушение пород кровли не происходит. Как показано в работе [3], данное явление имеет место, во-первых, когда ширина выработанного пространства недостаточна для обрушения пород кровли, во-вторых, когда рудная залежь представлена очень прочными разновидностями руд, и в третьих, при весьма малой мощности рудной залежи.

Свод естественного равновесия располагается в кровле и характеризуется тем, что породы в ней

systemu filarów międzykomorowych tworząc sklepienie. Takie sklepienie jest bardzo wyraziście widoczne przy dużych rozmiarach wyrobiska wybierkowego. Wewnątrz sklepienia naturalnej równowagi warstwy położone są równoległe do płaszczyzn swego naturalnego zalegania, lecz poddane są odkształceniom rozciągania, wywołanym odciążeniem i rozluźnieniem na stykach wskutek zaistniałych przemieszczeń względnych.

Część masywu skalnego w granicach strefy wpływów wyrobiska wybierkowego, w której naprężenia są większe niż w nienaruszonym masywie, stanowi strefę ciśnienia wspornikowego (podporowego). Strefa ta powstaje wskutek tego, że na brzegowe części złoża oddziałuje ciężar podbieranych skał, niemających podparcia w postaci filarów międzykomorowych.

Ogólnie przyjmuje się, że możliwe jest zastosowanie metod teorii sprężystości do obliczania naprężeń w strefie I (rys. 1). Dla stref: II, ABC i A'B'C' także może być zastosowana teoria sprężystości. Mimo częściowej utraty rozparcia, wywołanej procesami zachodzącymi w strefie III, stan masywów II nie różni się w sposób istotny od stanu tych odcinków masywu I, które położone są pod brzegowymi częściami złoża.

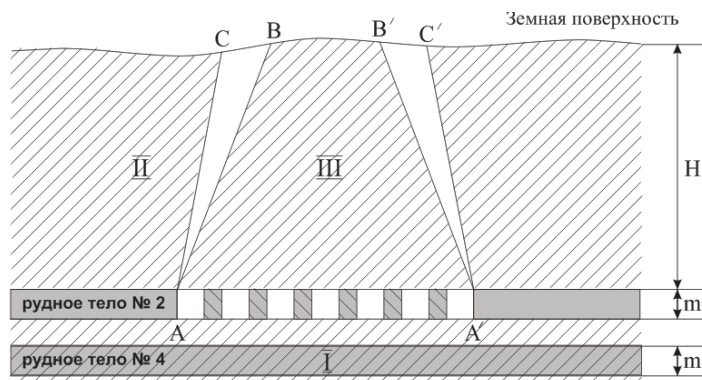
W przypadku wybierania zupełnego część masywu, która znajdzie się w strefie pełnych przemieszczeń III, przy obliczaniu naprężeń może być także traktowana jako strefa sprężysta. Bardziej skomplikowana jest sprawa w przypadku wybierania niezupełnego, gdy następuje „zawisanie” skał nad wyrobiskiem, ich rozwarstwienie, szczelinowanie i rozwarście szczelin w skałach. Rozwarstwienie skał i obecność szczelin oznacza odprężenie oraz brak podparcia części masywu, bezpośrednio przylegającej do wyrobiska wybierkowego.

получили опору на системе междукамерных целиков. Он весьма рельефно выделяется при больших размерах очистных выработок. Внутри свода естественного равновесия слои располагаются параллельно плоскостям своего естественного залегания, но испытывают деформации расширения, обусловленные разгрузкой и разуплотнением на контактах вследствие относительного смещения.

Часть массива пород в пределах области влияния очистной выработки, в которой напряжения больше, чем в нетронутом массиве, является зоной опорного давления. Возникновение этой зоны является следствием того, что на краевые части рудной залежи передается вес подработанных пород, не получивших опоры на междукамерные целики.

Общепринятой является возможность применения методов теории упругости для расчета напряжений в области I (рис. 1). К областям II, ABC и A'B'C', также может быть применена теория упругости. Несмотря на частичную потерю распора, вызванную процессами, происходящими в области III, состояние массивов II существенно не отличается от состояния тех участков массива I, которые расположены под краевыми частями рудной залежи.

В случае полной подработки, часть массива, попавшая в область полных сдвижений III, при расчете напряжений может также рассматриваться как упругая область. Сложнее дело обстоит в случае неполной подработки, когда происходит «зависание» пород над выработкой, их расслоение, трещинообразование и раскрытие трещин в породах. Расслоенность пород и наличие трещин в них означает выход из-под нагрузок части массива, непосредственно примыкающей к очистной выработке.



Rys. 1. Wyodrębnienie w masywie górotworu stref, w których możliwe jest wykorzystanie metod mechaniki ośrodka ciągłego

Рис. 1. Выделение в массиве горных пород зон, в которых возможно использование методов механики сплошной среды

Земная поверхность – powierzchnia ziemi; рудное тело № 2 – ławica nr 2; рудное тело № 4 – ławica nr 4

Stan naprężenia złoża nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2 określa się z zastosowaniem metod teorii sprężystości mechaniki ośrodka ciągłego. Z tego, że złoża kopalin użytecznych nr 2 i 4 zalegają w pewnej odległości od siebie, wynika, że w określonych warunkach geomechanicznych wybieranie złoża nr 2 będzie w różnym stopniu wywierać wpływ na stan naprężenia złoża nr 4. Oddziaływanie robót górniczych w złożu nr 2 wywołuje proces nadbierania złoża nr 4. Podczas eksploatacji złoża nr 2 zmienia się rozkład naprężeń i powstają odkształcenia w skałach stropowych, spągowych i w brzegowych częściach złoża, graniczących z wyrobiskiem. Pod wyrobiskiem złoża nr 2 następuje przemieszczenie skał w stronę wyrobiska. Przy nadbieraniu w złożu nr 4 mogą się tworzyć trzy strefy: strefa ściskania złoża (tj. strefa zwiększonych naprężeń), strefa odciążenia złoża i strefa uszczelnienia skał.

Procesy mechaniczne w nadbieranych masywach i ławicach zależą od wielu czynników naturalnych, górniczo-technicznych i technologicznych, spośród których zasadnicze znaczenie mają miąższość, elementy strukturalno-teksturalne budowy geologicznej, wytrzymałość i inne cechy sprężystości oraz kąt zalegania skał międzyławicowych, głębokość eksploatacji, system wybierania i parametry wyrobiska wybierkowego. Wraz z wzrostem miąższości i wytrzymałości skał międzywarstwowych dość intensywnie zmniejsza się głębokość rozprzestrzeniania się wpływów nadbierania.

Technologia modelowania komputerowego

Modelowanie komputerowe przeprowadza się z zastosowaniem oprogramowania pod nazwą „Press 3D Ural” [4, 5].

Wyniki modelowania komputerowego

Podczas realizacji modelowania rozpatrzone zostały cztery schematy prowadzenia robót górniczych w złożu nr 2. Uzyskano w ten sposób wartości współczynników koncentracji naprężeń, działających w złożu nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2 (rys. 2, 3, 4, 5).

Напряженное состояние рудой залежи № 4 от влияния горных работ в рудной залежи № 2 определяется с применением методов теории упругости механики сплошной среды. В связи с тем, что залежи № 2 и № 4 кондиционных полезных ископаемых в пределах месторождения залегают на некотором расстоянии друг от друга следует, что при определенных геомеханических условиях отработка залежи № 2 будет в различной степени оказывать влияние на напряженное состояние залежи № 4. Воздействие горных работ по залежи № 2 приводит к процессу наработки залежи № 4. При разработке залежи № 2 происходят перераспределение напряжений и деформационные процессы в породах кровли, почвы и в краевых частях залежи, граничащих с выработанным пространством. Под выработкой залежи № 2 происходит сдвиг пород в сторону выработанного пространства. При наработке в залежи № 4 могут формироваться три зоны: зона сжатия залежи, т.е. зона повышенных напряжений; зона разгрузки залежи; зона уплотнения пород.

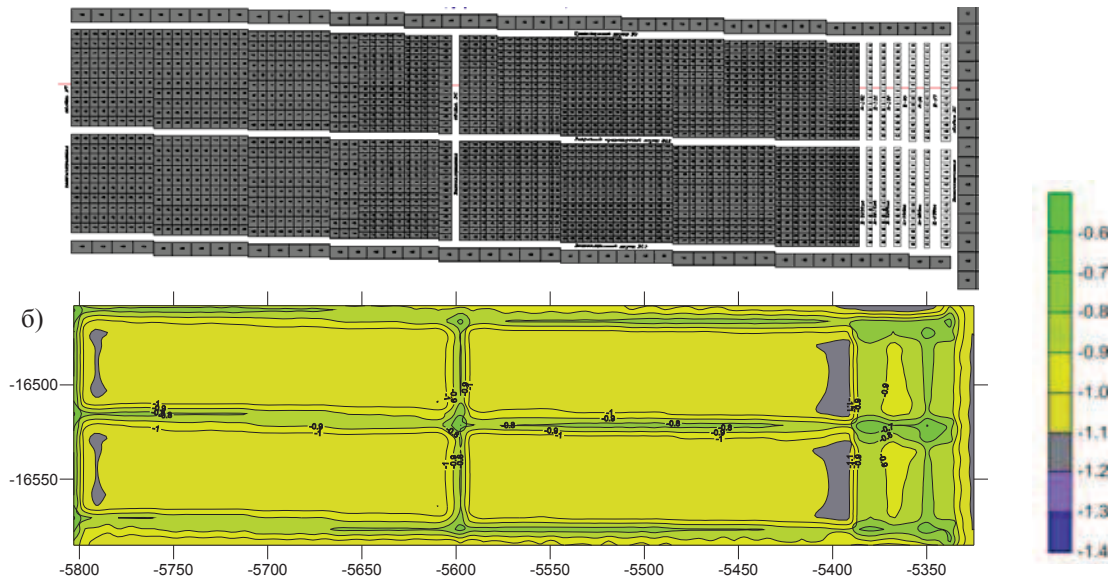
Механические процессы в наработываемых массивах и толщах зависят от многих природных, горнотехнических и технологических факторов, основными из которых являются мощность, структурно-текстурные элементы строения, прочностные и упругие свойства и угол залегания пород междупластья, глубина разработки, система разработки, параметры очистной выработки. С увеличением мощности и прочности пород междупластья глубина распространения влияния наработки довольно интенсивно уменьшается.

Технология компьютерного моделирования

Компьютерное моделирование осуществляется с применением программного комплекса «Press 3D Ural» [4, 5].

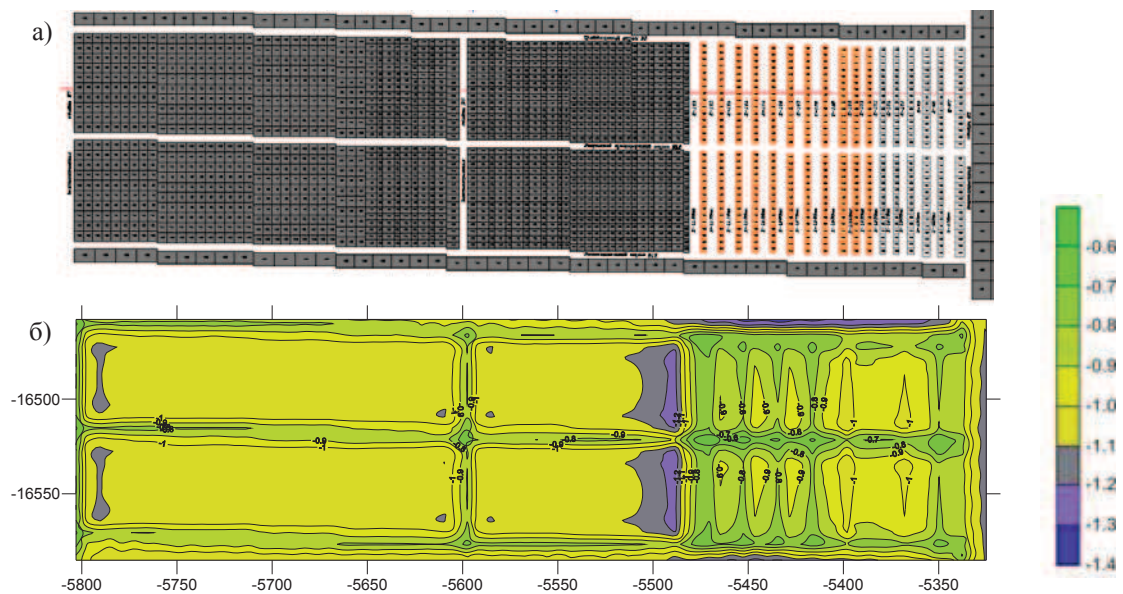
Результаты компьютерного моделирования

В ходе выполнения моделирования были рассмотрены четыре расчетные схемы развития горных работ в рудном теле № 2 и получены фоновые значения коэффициентов концентрации напряжений, действующих в рудном теле № 4 от влияния горных работ в рудном теле № 2 (рис. 2, 3, 4, 5).



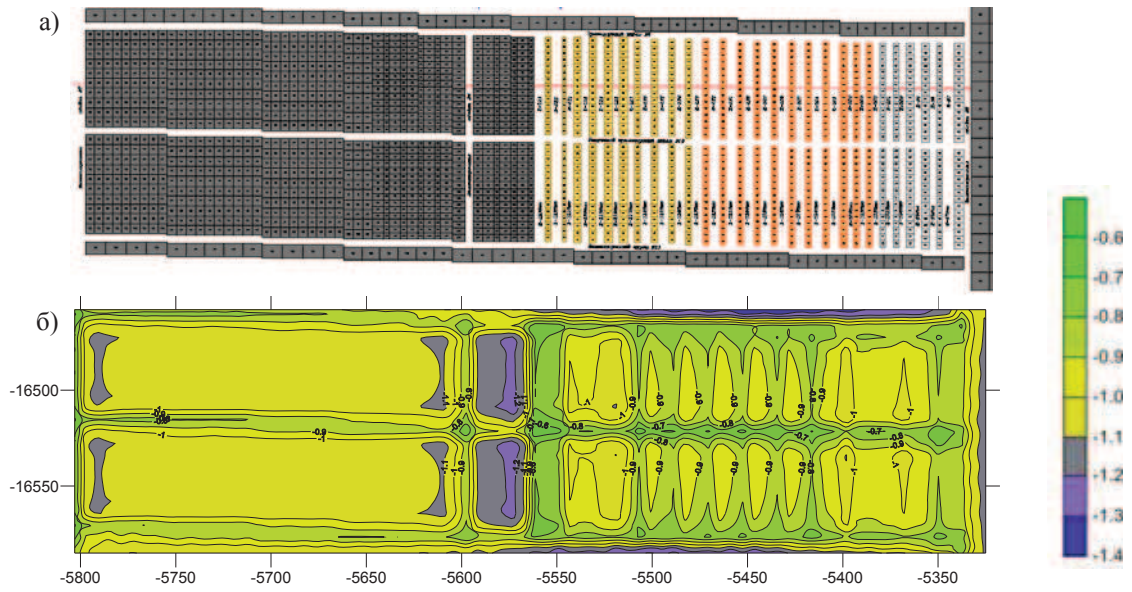
Rys. 2. a) plan prowadzenia robót w złożu nr 2 w I kwartale 2010 r.,
 b) koncentracja naprężeń w złożu nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2

Рис. 2. а) план развития работ в 1 кв. 2010 г в рудном теле 2,
 б) концентрация напряжений в рудном теле № 4 от влияния горных работ в рудном теле 2



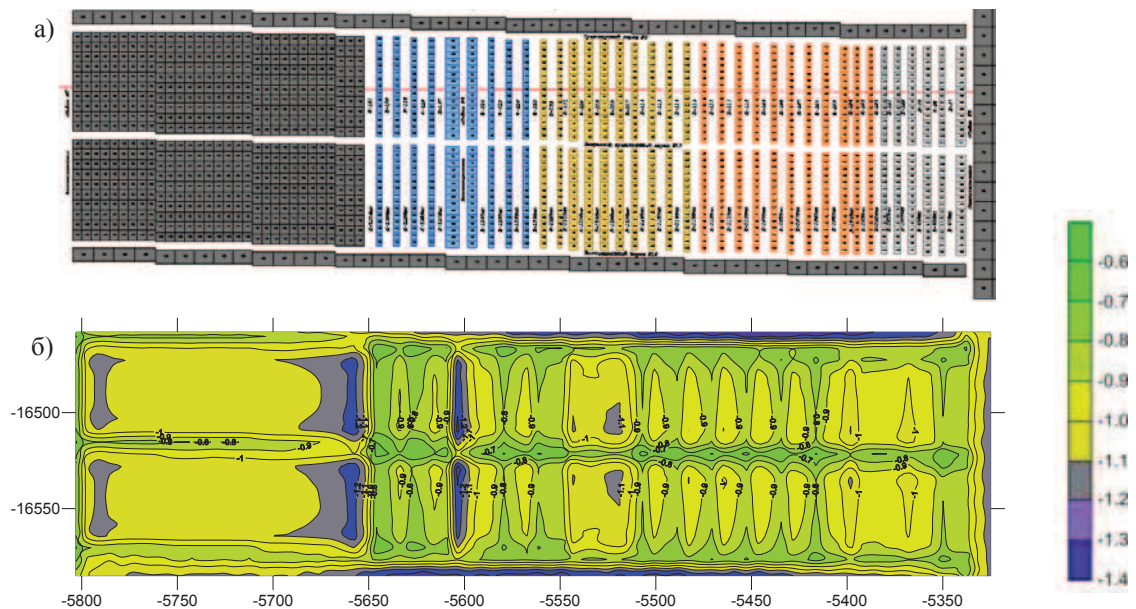
Rys. 3. a) plan prowadzenia robót w złożu nr 2 w II kwartale 2010 r.,
 b) koncentracja naprężeń w złożu nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2

Рис. 3. а) план развития работ во 2 кв. 2010 г в рудной залежи № 2,
 б) концентрация напряжений в рудной залежи № 4 от влияния горных работ в рудной залежи № 2



Rys. 4. a) plan prowadzenia robót w złożu nr 2 w III kwartale 2010 r.,
b) koncentracja naprężeń w złożu nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2

Рис. 4. а) план развития работ в 3 кв. 2010 г в рудной залежи № 2,
б) концентрация напряжений в рудной залежи № 4 от влияния горных работ в рудной залежи № 2



Rys. 5. a) plan prowadzenia robót w złożu nr 2 w IV kwartale 2010 r.,
b) koncentracja naprężeń w złożu nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2

Рис. 5. а) план развития работ в 4 кв. 2010 г в рудной залежи № 2,
б) концентрация напряжений в рудной залежи № 4 от влияния горных работ в рудной залежи № 2

Analiza uzyskanych wyników

Z analizy uzyskanych wyników przyjmujemy z pewnym zapasem wartość współczynnika koncentracji pionowych naprężeń ściskających $\chi_z^{\text{mep}}(x, y, z) = -1,4$.

Zalecenia odnośnie do obliczania szerokości wydłużonego filara oporowego

Szerokość L_y wydłużonego filara oporowego przy projektowaniu wybierania złoża nr 4 oblicza się według metodyki Turnera-Szewiakowa, z następującego wyrażenia:

$$L_y = \frac{\chi_z^{\text{mep}}(x, y, z)\gamma H + \sqrt{[\chi_z^{\text{mep}}(x, y, z)\gamma H]^2 + 4\left(\frac{1}{k_b} k_{\text{str}} \frac{a}{m_f} \sigma_{\text{csc}}\right) \chi_z^{\text{mep}}(x, y, z)\gamma H}}{4\left(\frac{1}{k_b} k_{\text{str}} \sigma_{\text{csc}}\right)} m_f'$$

$$L_y = \frac{\chi_z^{\text{mnp}}(x, y, z)\gamma H + \sqrt{[\chi_z^{\text{mnp}}(x, y, z)\gamma H]^2 + 4\left(\frac{1}{k_3} k_{\text{cmp}} \frac{a}{m_y} \sigma_{\text{csc}}\right) \chi_z^{\text{mnp}}(x, y, z)\gamma H}}{4\left(\frac{1}{k_3} k_{\text{cmp}} \sigma_{\text{csc}}\right)} m_y$$

gdzie:

$\chi_z^{\text{mep}}(x, y, z)$ – wartość współczynnika koncentracji pionowych naprężeń ściskających, działających w złożu nr 4 pod wpływem robót górniczych w złożu nr 2;

γH – ciężar słupa skał położonych nad wydłużonym filarem oporowym, do powierzchni, MPa;

k_b – współczynnik bezpieczeństwa;

k_{str} – współczynnik osłabienia strukturalnego;

a – szerokość komory, m;

m_f – wysokość filara, m;

σ_{csc} – granica wytrzymałości materiału filara na ściskanie jednoosiowe, MPa;

Dla warunków:

$\chi_z^{\text{mep}}(x, y, z) = 1,4$;

$\gamma H = -3,3 \text{ MPa}$;

$k_b = 1,5$;

$k_{\text{str}} = 0,33$,

zgodnie z zaleceniami zawartymi w [1], oraz $a = 6,0 \text{ m}$;

$m_f = 6,0 \text{ m}$; $\sigma_{\text{csc}} = 80,0 \text{ MPa}$ otrzymuje się wymaganą szerokość filara międzykomorowego, wynoszącą 4,0 m dla złoża nr 4, z uwzględnieniem wpływu robót prowadzonych w złożu nr 2.

Анализ полученных результатов

Из анализа полученных результатов принимаем с запасом значение коэффициента концентрации вертикальных сжимающих напряжений $\chi_z^{\text{mnp}}(x, y, z) = -1,4$.

Рекомендации по расчету ширины ленточного целика

Расчет ширины L_y ленточного целика при проектировании к отработке рудной залежи № 4 производится по методике Турнера-Шевякова с использованием следующего выражения:

где:

$\chi_z^{\text{mnp}}(x, y, z)$ – значение коэффициента концентрации вертикальных сжимающих напряжений, действующих в рудном теле № 4 от влияния горных работ

в рудном теле № 2;

γH – вес столба горных пород расположенных над ленточным целиком до земной поверхности, МПа;

k_3 – коэффициент запаса;

k_{cmp} – коэффициент структурного ослабления;

a – ширина камеры, м;

m_y – высота целика, м;

σ_{csc} – предел прочности на одноосное сжатие материала целика, МПа;

Для условий:

$\chi_z^{\text{mnp}}(x, y, z) = 1,4$;

$\gamma H = -3,3 \text{ МПа}$;

$k_3 = 1,5$;

$k_{\text{cmp}} = 0,33$,

в соответствии с рекомендациями [1]; $a = 6,0 \text{ м}$;

$m_y = 6,0 \text{ м}$; $\sigma_{\text{csc}} = 80,0 \text{ МПа}$ получим требуемую ширину междукammerного целика 4,0 м для рудной залежи № 4 с учетом влияния работ на рудной залежи № 2.

Литература

Literatura

1. Uzasadnienie techniczno-ekonomiczne wyboru wariantu wydobycia wapienia, t. 1, etap 1. Uregulowania technologiczne. Część geologiczno-górnicza. Opis techniczny (21-16-06-107-01-PZ), Sankt Petersburg, Gipronikiel 2004.
2. Jakobi O.: *Praktyka kierowania ciśnieniem górotworu*, Moskwa, Nedra 1987.
3. Selivonik V.G.: *Geomechaniczne uzasadnienie optymalnych schematów technologicznych dwupiętrowego systemu eksploatacji złóż boksytu*, Rozprawa doktorska, Siewierouralsk 1998.
4. Program komputerowy «PRESS 3D URAL». Świadcstwo państwowej rejestracji patentowej Nr 2012618481, z dnia 19.09.2012 r., Rospatent 2012.
5. Sidorov D.V.: *Komputerowa ocena zagrożenia tapaniami złóż rudnych o złożonej budowie geologicznej*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, nr 3/493, 2012, s. 19-25.

1. ТЭО выбора варианта добычи известняка. Том 1. Этап 1. Технологические регламенты. Горно-геологическая часть. Пояснительная записка (21-16-06-107-01-ПЗ), Санкт-Петербург, Гипроникель, 2004.
2. Якоби О. *Практика управления горным давлением*. – М.: Недра, 1987.
3. Селивоник В.Г. *Геомеханическое обоснование оптимальных технологических схем двухъярусной отработки бокситовых месторождений*. Дисс. канд. техн. наук. Североуральск, 1998.
4. Программа для ЭВМ «PRESS 3D URAL». Свидетельство о государственной регистрации № 2012618481 от 19.09.2012, Роспатент, 2012.
5. D.V. Sidorov. *Komputerowa ocena zagrożenia tapaniami złóż rudnych o złożonej budowie geologicznej*. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. Katowice, Poland, 2012, nr 3/493. s. 19-25.

Статья прорецензирована двумя независимыми рецензентами.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.

GEOMECHANICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE PILLARS WHILE MINING SEVERAL ORE DEPOSITS IN "KAYERKANSKY" MINE

The article features the process of computer modeling of the stress state in the ore body number 4 under the influence of mining on the ore body number 2. The results were shown of the quantitative estimates of the pillars parameters on the ore body number 4 with respect to the extraction of the ore body number 2.