

Ocena prognostyczna stref zniszczenia na powierzchni dyslokacji tektonicznej „L” podczas prowadzenia robót górniczych w południowym bloku kopalni „Siewiernaja” Spółki OAO „Workutaugol”

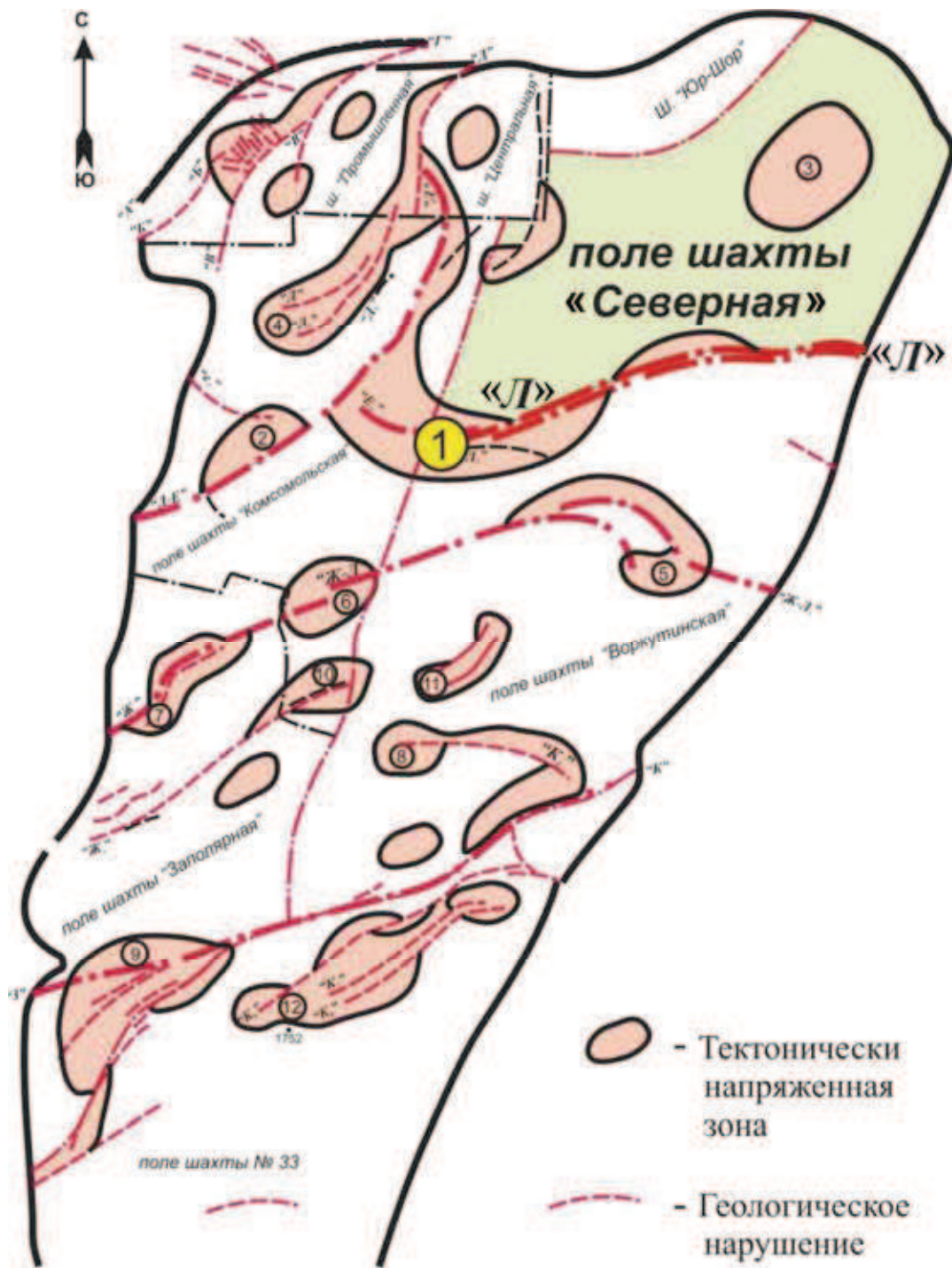
Прогнозная оценка зон разрушения на поверхности тектонического нарушения «Л» при ведении горных работ в южном блоке шахты «Северная» ОАО «Воркутауголь»

W artykule rozpatrzono geomechaniczne warunki eksploatacji pokładu Trojnoj w strefach występowania naprężeń tektonicznych południowego bloku poziomu -748 m kopalni „Siewiernaja”. Przytoczono wyniki oceny prognostycznej wpływu pola eksploatacyjnego 1012-pld pokładu Trojnoj na stabilność elementów powierzchni stykowej dyslokacji tektonicznej „L”.

Рассмотрены геодинамические условия отработки угольного пласта Тройного в тектонически-напряженных зонах южного блока гор. -748 м шахты «Северная». Приведены результаты прогнозной оценки влияния выемочного столба 1012-ю пласта Тройного на устойчивость элементов контактной поверхности тектонического нарушения «Л».

Dyslokacja tektoniczna „L” ma postać złożonego diagonalnego uskoku typu zrzutowego i stanowi południową granicę tektonicznego bloku nr 1 południowego bloku kopalni „Siewiernyj” (rys. 1). Zrzut po rozciągłości przebiega równoleżnikowo, azymut waha się od 250 do 290°. Kąt nachylenia płaszczyzny zrzutu wynosi średnio 50°. Maksymalna amplituda zrzutu dochodzi do 100 m i więcej. Na poziomie -748 m amplituda przemieszczenia skał wynosi 45-60 m. W granicach bloku południowego na poziomie -748 m pokład Trojnoj jest podbierany przez pokład Czetwiortyj. Na rys. 2. pokazany jest schemat planu robót górniczych dla obu tych pokładów.

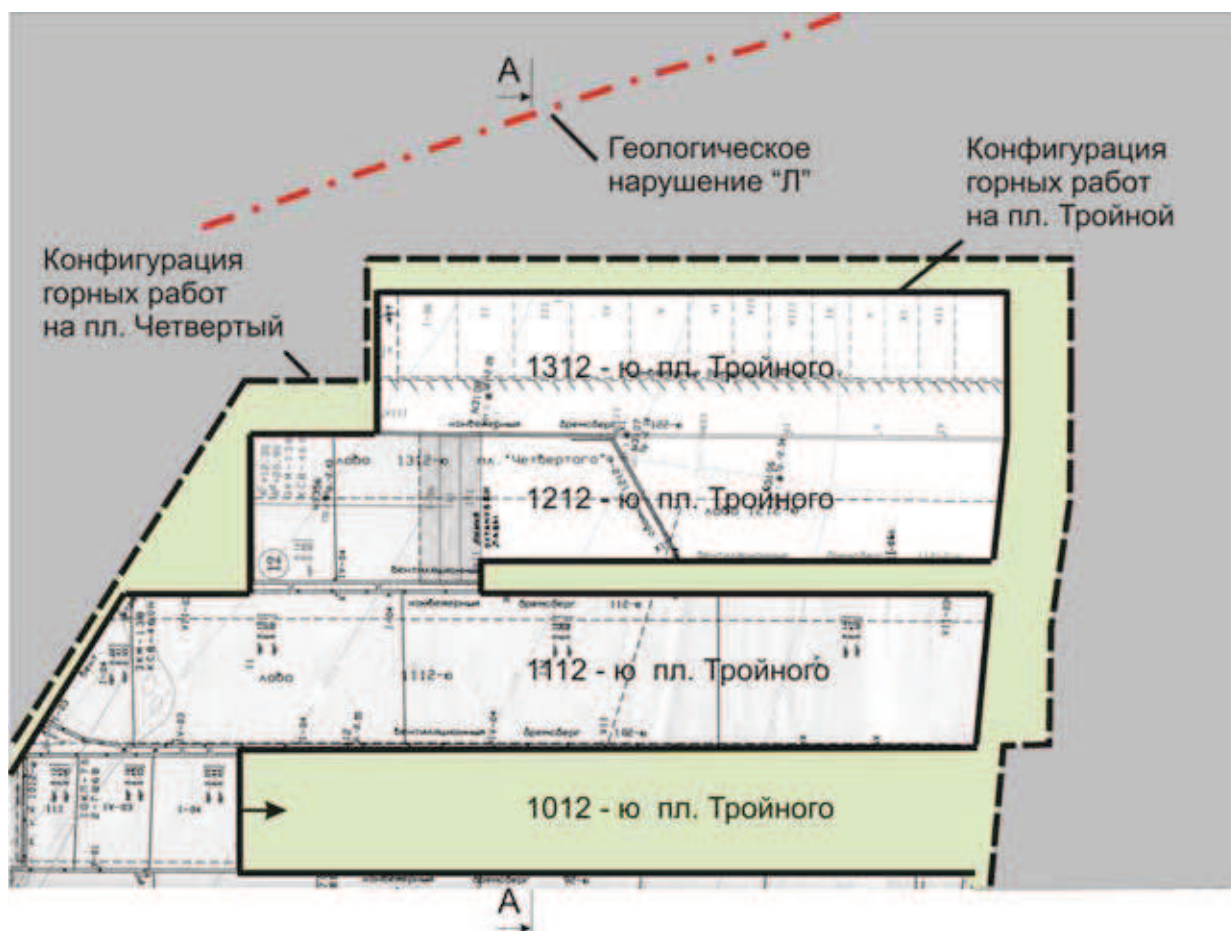
Тектоническое нарушение «Л» представляет собой сложный диагональный разрыв сбросового типа и является южной границей тектонического блока № 1 южного блока шахты «Северная» (рис. 1). Простиране сброса субширотное, азимут колеблется от 250° до 290°. Угол падения плоскости сместителя в среднем составляет 50°. Максимальная амплитуда достигает 100 м и более метров. На отметках гор. -748 м амплитуда смещения пород составляет 45-60 м. В пределах южного блока гор. -748 м пласт Тройной подработан пластом Четвертым. На рис. 2 показана схема совмещенного плана горных работ.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia stref naprężeń tektonicznych

Рис. 1. Схема распространения тектонически-напряженных зон

поле шахты «Северная» – obszar górniczy kopalni „Siewiernaja”;
 ш. «Промышленная» – kop. „Promyszlennaja”; ш. «Центральная» – kop. „Centralnaja”;
 ш. «Юур-Шор» – kop. „Jur-szor”;
 поле шахты «Комсомольская» – obszar górniczy kopalni „Komsomolskaja”;
 поле шахты «Воркутинская» – obszar górniczy kopalni „Workutinskaja”;
 поле шахты «Заполярная» – obszar górniczy kopalni „Zapoliarnaja”;
 поле шахты № 33 – obszar górniczy kopalni nr 33;
 Тектонически напряженная зона – strefa naprężeń tektonicznych;
 Геологическое нарушение – dyslokacja geologiczna



Rys. 2. Plan robót górnicych w pokładach Czerwonyj i Trojnoj

Рис. 2. Совмещенный план горных работ на пласте Четвертом и Тройном

Геологическое нарушение «Л» – dyslokacja geologiczna „L”; Конфигурация горных работ на пл. Четвертый – konfiguracja robót górnicych w pokładzie Czerwonyj; Конфигурация горных работ на пл. Тройной – konfiguracja robót górnicych w pokładzie Trojnoj; 1312-ю пл. Тройного – 1312-плд pokł. Trojnoj; конвейерный бремсберг 142-ю пл. IV – pochylnia przenośnikowa 142-плд pokł. IV; конвейерный бремсберг 122-ю – pochylnia przenośnikowa 122-плд; лава 1312-ю пл. Четвертого – ściana 1312-плд pokładu Czerwonyj; 1212-ю пл. Тройного – 1212-плд pokł. Trojnoj; сбойка 1212-ю – przecinka 1212-плд; линия останова лавы – linia zatrzymania ściany; вентиляционный бремсберг 112-2ю – pochylnia wentylacyjna 112-2плд; вент. штрек – chodnik wentylacyjny; лава 1122-ю – ściana 1112-плд; конвейерный бремсберг 112-ю – pochylnia przenośnikowa 112-плд; 1112-ю пл. Тройного – 1112-плд pokł. Trojnoj; вентиляционный бремсберг 102-ю – pochylnia wentylacyjna 102-плд; 1012-ю пл. Тройной – 1012-плд pokł. Trojnoj; конвейерный бремсберг 92-ю – pochylnia przenośnikowa 92-плд

Глубина проведения работ гóрничых wynosiła 880 м. Mięszość warstwy między pokładami wahała się od 16,0 do 19,0 м. Strop pokładu ochronnego Czerwonyj, stanowiący bezpośredni spąg pokładu Trojnoj, zbudowany jest z wytrzymałego ($\sigma_{sc.} = 60,0-80,0$ МПа) piaskowca, z warstwami o mięszości 4,0-15,0 м i należy do trudnorabowalnych. Strop zasadniczy pokładu Trojnoj składa się z warstw zwartego aleuralitu o granicy wytrzymałości na ściskanie do 50 МПа, a strop bezpośredni jest niestabilny. Miejscami spotyka się soczewki piaskowca o wytrzymałości na ściskanie do 80 МПа. Ten czynnik często decyduje o wysokim poziomie naprężeń i zagrożeniu tarpaniami podczas prowadzenia robót górnicych.

Глубина ведения горных работ составила 880 м. Мощность междупластья 16,0-19,0 м. Кровля защитного пласта Четвертого, являющаяся непосредственной почвой пласта Тройного, сложена прочными ($\sigma_{сж} = 60,0-80,0$ МПа) песчаниками, с мощностью пачек 4,0-15,0 м и отнесена к весьма труднообрушаемой. Основная кровля пласта Тройного представлена слоями плотного алевролита с пределом прочности на сжатие до 50,0 МПа, а непосредственная кровля является неустойчивой. Местами встречаются линзы песчаника прочностью на сжатие до 80 МПа. Этот геологический фактор зачастую предопределяет высокий уровень напряжений и удароопасности при ведении горных работ.

W roku 2004 w strefie wpływów dyslokacji „L” wydarzyła się znaczna katastrofa górnicza z wystąpieniem dynamicznego wstrząsu masywu górotworu na dużej przestrzeni i utworzeniem się nieprzebytých zawałów w przylegających wyrobiskach górniczych. W zaistniałej sytuacji, z uwzględnieniem skali zadania, konieczne stało się opracowanie prognostycznej oceny wpływu robót wybierkowych w polu eksploatacyjnym 1012-płd pokładu Trojnoj na stateczność dyslokacji „L”. W tym celu został opracowany geomechaniczny model wycinka obszaru górniczego z uwzględnieniem rozpatrywanych granic robót górniczych. Przy prowadzeniu badań nad oceną wpływu eksploatacji pola eksploatacyjnego 1012-płd pokładu Trojnoj na stabilność elementów powierzchni kontaktowej dyslokacji tektonicznej „L” rozpatrywano warianty obliczeniowe, zakładające zarówno obecność pola eksploatacyjnego 1012-płd pokładu Trojnoj w przestrzeni wybierania (rys. 2), jak również całkowite wybranie tego pola (rys. 3).

Jako warunek ścinania na płaszczyźnie uskokowej dyslokacji tektonicznej „L” przyjęto zależność:

$$\tau_n \geq \tau_{kr},$$

gdzie:

τ_n – naprężenie przesuujące (ścinania),

τ_{kr} – naprężenie utrzymujące.

Wielkość τ_n określano za pomocą oprogramowania «PRESS 3D URAL» [1, 2]. Wielkość τ_{kr} przyjęto równą $0,5 \sigma_n$ (tj. 50% wartości normalnej siły dociskającej).

Otrzymane w ramach oceny prognostycznej prawidłowości rozkładu naprężeń τ_n (zielona linia) oraz τ_{kr} (czerwona linia) wzdłuż szwu dyslokacji tektonicznej „L” przy nie wyeksploatowanym polu eksploatacyjnym 1012-płd pokazano na rys. 4., a dla wariantu, zakładającego wyeksploatowanie pola eksploatacyjnego 1012-płd – na rys. 5.

Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że w przypadku istnienia w bloku południowym pola eksploatacyjnego 1012-płd pokładu Trojnoj wielkość (krzywa) naprężenia utrzymującego τ_{kr} we wszystkich punktach dyslokacji tektonicznej „L” znajduje się powyżej krzywej wykresu naprężeń przesuujących τ_n (rys. 4) i brak jest ścinania wzdłuż powierzchni uskokowej, czym charakteryzuje się stateczność stanu dyslokacji „L”. Faktycznie, nie wyeksploatowany fragment pokładu Trojnoj w polu eksploatacyjnym 1012-płd, mając postać szerokiego filara węglowego, przejmuje na siebie dodatkowe bezpiecznie i efektywnie wyeksploatować zasoby ścian 1112-płd-1412-płd pokładu Trojnoj, zbliżając się z granicą robót górniczych do uskoku „L” na odległość do 80-140 m.

В 2004 г в зоне влияния разрыва «Л» произошла крупная авария с динамическим сотрясением массива горных пород на большой площади и образованием непроходимых завалов в прилегающих горных выработках. В сложившейся ситуации с учетом масштабности задачи потребовалась прогнозная оценка влияния очистных работ в выемочном столбе 1012-ю пласта Тройного на устойчивость нарушения «Л». Для этой цели была разработана необходимая геомеханическая модель участка шахтного поля с учетом рассматриваемых границ горных работ. При проведении исследований по оценке влияния отработки выемочного столба 1012-ю пласта Тройного на устойчивость элементов контактной поверхности тектонического нарушения «Л» рассматривались расчетные варианты, предполагающие как наличие выемочного столба 1012-ю пласта Тройного в очистном пространстве (рис. 2), так и его полную отработку (рис. 3).

Условие сдвига по плоскости тектонического нарушения «Л» принималось при

$$\tau_n \geq \tau_{кр},$$

где:

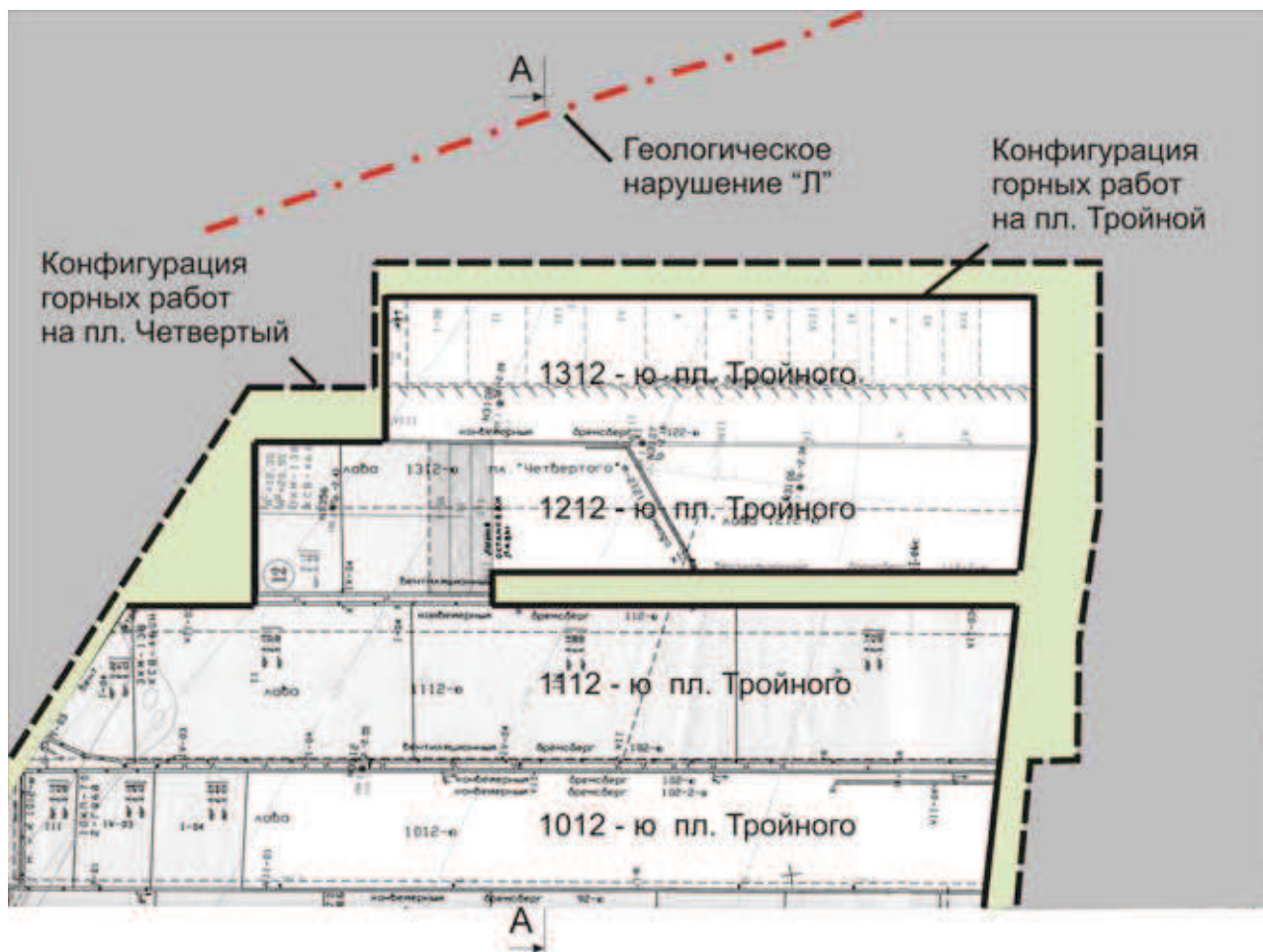
τ_n – сдвигающее (срезающее) напряжение;

$\tau_{кр}$ – удерживающее напряжение.

Величина τ_n определялась с применением программного комплекса «PRESS 3D URAL» [1,2]. Величина $\tau_{кр}$ принималась равной $0,5 \sigma_n$ (50% от величины нормального прижимного усилия).

Полученные при прогнозной оценке закономерности распределения напряжений τ_n (зеленая линия) и $\tau_{кр}$ (красная линия) вдоль шва тектонического нарушения «Л» при неотработанном выемочном столбе 1012-ю приведены на рис. 4, а для варианта, предполагающего отработку выемочного столба 1012-ю на рис. 5.

Анализ полученных результатов показывает, что при наличии в южном блоке выемочного столба 1012-ю пласта Тройного величина (эпюра) удерживающего напряжения $\tau_{кр}$ во всех точках тектонического нарушения «Л» выше эпюры сдвигающих напряжений τ_n (рис. 4) и срыва вдоль нарушения не происходит, что характеризует устойчивое состояние нарушения «Л». Фактически, неотработанный участок пласта Тройного в выемочном столбе 1012-ю, являясь широким угольным целиком, принял на себя дополнительные нагрузки со стороны зависших подработанных пород и снял нагрузки с сопряженных с ним участков. При этом шахте удалось безопасно и эффективно доработать запасы лав 1112-ю-1412-ю пласта Тройного с приближением границ горных работ к нарушению «Л» на расстояние до 80 -140 м.



Rys. 3. Schemat wariantu z eksploatacją ściany 1012-плд поклада Тройной

Рис. 3. Схема варианта с отработкой лавы 1012-ю пласта Тройного

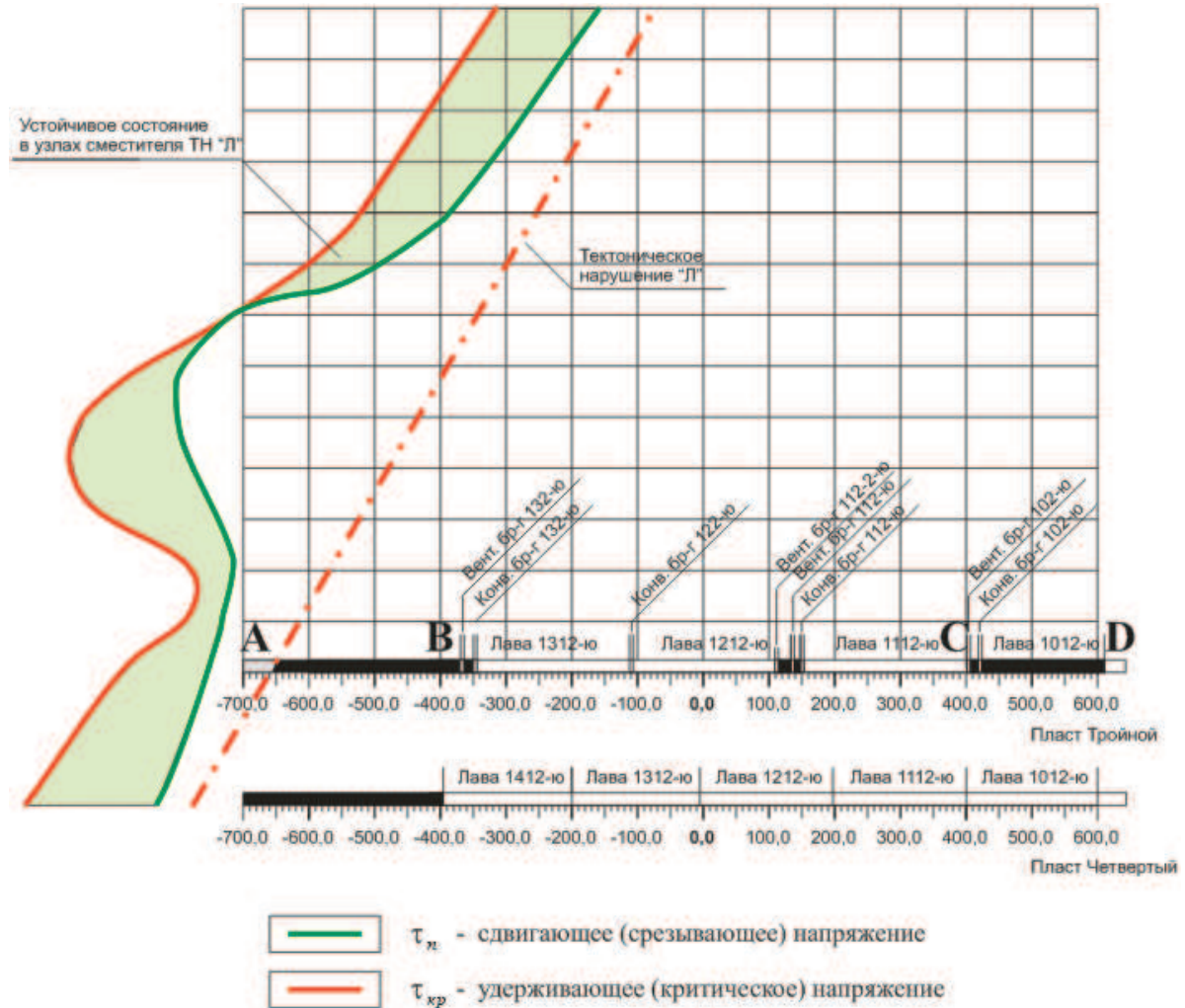
Геологическое нарушение «Л» – dyslokacja geologiczna „L”; Конфигурация горных работ на пл. Четвертый – konfiguracja robót górniczych w pokładzie Czwartym; Конфигурация горных работ на пл. Тройной – konfiguracja robót górniczych w pokładzie Trojnoj; 1312-ю пл. Тройного – 1312-плд покł. Trojnoj; конвейерный бремсберг 142-ю пл. IV – pochylnia przenośnikowa 142-плд покł. IV; конвейерный бремсберг 122-ю – pochylnia przenośnikowa 122-плд; лава 1312-ю пл. Четвертого – ściana 1312-плд покł. Czwartym; линия остановки лавы – linia zatrzymania ściany; сбойка 1212-ю – przecinka 1212-плд; 1212-ю пл. Тройного – 1212-плд покł. Trojnoj; лава 1212-ю – ściana 1212-плд; вентиляционный бремсберг 112-2ю – pochylnia wentylacyjna 112-2плд; конвейерный бремсберг 112-ю – pochylnia przenośnikowa 112-плд; вент. штрек – chodnik wentylacyjny; лава 1112-ю – ściana 1112-плд; 1112-ю пл. Тройного – 1112-плд покł. Trojnoj; вентиляционный бремсберг 102-ю – pochylnia wentylacyjna 102-плд; конвейерный бремсберг 102-ю – pochylnia przenośnikowa 102-плд; конвейерный бремсберг 102-2-ю – pochylnia przenośnikowa 102-2-плд; лава 1012-ю – ściana 1012-плд; 1012-ю пл. Тройной – 1012-плд покł. Trojnoj; конвейерный бремсберг 92-ю – pochylnia przenośnikowa 92-плд

Wybieranie pola 1012-плд поклада Тройной prowadzi do zwiększenia ciężaru skrzydła wiszącego w strefie uskoku „L” wskutek zwiększenia łącznej rozpiętości podbieranych skał. Na krzywej prognostycznej (rys. 5) pokazano odcinki, na których ma miejsce utrata stateczności górotworu wzdłuż uskoku „L”, w wyniku czego może dojść do przesunięcia (ścięcia) skał wzdłuż uskoku, z wydzielaniem energii. Analiza stanu naprężenia i stateczności uskoku „L” wskazuje, że dla wariantu zakładającego eksploatację ściany 1012-плд поклада Тройной prognozowane są

Выемка столба 1012-ю пласта Тройного приводит к увеличению веса зависших пород в области нарушения «Л» за счет увеличения суммарного пролета подработанных пород. На прогнозной эпюре (рис. 5) показаны участки, на которых имеет место потеря устойчивости породного массива вдоль нарушения «Л», в результате чего может произойти сдвиг (срез) пород вдоль нарушения с выделением энергии. Анализ напряженного состояния и устойчивости разрыва «Л» показывает, что при варианте отработки лавы 1012-ю пласта

odkształcenia przesunięcia z technogennymi przesuwami na odcinku o powierzchni stanowiącej ponad 50-60% ogólnej powierzchni skrzydła przesuwanego uskoku i z wystąpieniem wstrząsu górniczo-tektonicznego. Doświadczenia z prowadzenia robót górniczych potwierdziły istnienie takiej prawidłowości.

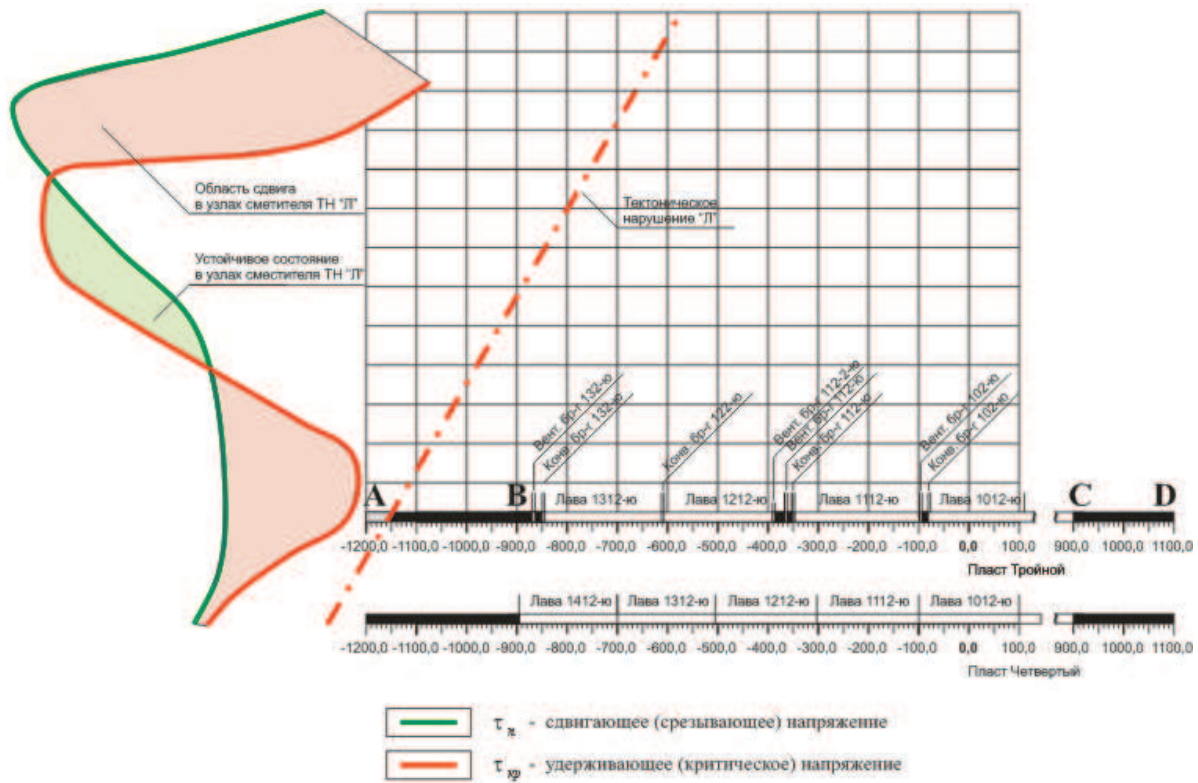
Тройного прогнозируются сдвиговые деформации с техногенными подвижками на участке площадью более 50-60% от общей площади сместителя нарушения и проявлением горно-тектонического удара. Опыт ведения горных работ подтвердил эту закономерность.



Rys. 4. Rozkład τ_n i τ_{kr} na powierzchni uskokowej dyslokacji „L” w przypadku nie wyeksploatowanego pola eksploatacyjnego 1012-рлд pokładu Тројной

Рис. 4. Распределение τ_n и $\tau_{кр}$ на поверхности нарушения «Л» при неотработанном выемочном столбе 1012-ю пласта Тројного

Устойчивое состояние в узлах сместителя ТН «Л» – stan stabilny w węzłach skrzydła przesuwanego dyslokacji tektonicznej „L”; Тектоническое нарушение «Л» – dyslokacja tektoniczna „L”;
 Вент. бр-г 132-ю – poch. went. 132-рлд.; Конв. бр-г 132-ю – poch. przen. 132-рлд.; Конв. бр-г 122-ю – poch. przen. 122-рлд.; Вент. бр-г 112-2-ю – poch. went. 112-2-рлд.; Вент. бр-г 112-ю – poch. went. 112-рлд.;
 Конв. бр-г 112-ю – poch. przen. 112-рлд.; Вент. бр-г 102-ю – poch. went. 102-рлд.; Конв. бр-г 102-ю – poch. przen. 102-рлд.; Пласт Тројной – pokład Trojnoj; Лава 1312-ю – ściana 1312-рлд.; Лава 1212-ю – ściana 1212-рлд.;
 Лава 1112-ю – ściana 1112-рлд.; Лава 1012-ю – ściana 1012-рлд.; Пласт Четвертый – pokład Czwartyj;
 Лава 1412-ю – ściana 1412-рлд.; Лава 1312-ю – ściana 1312-рлд.; Лава 1212-ю – ściana 1212-рлд.;
 Лава 1112-ю – ściana 1112-рлд.; Лава 1012-ю – ściana 1012-рлд.; сдвигающее (срезающее) напряжение – naprężenie przesuwanające (ścinające); удерживающее (критическое) напряжение – naprężenie utrzymujące (krytyczne)



Rys. 5. Rozkład τ_n i τ_{kr} na powierzchni uskokowej dyslokacji „L” w przypadku wyeksploatowania pola eksploatacyjnego 1012-плд поклада Тройной

Рис. 5. Распределение τ_n и $\tau_{кр}$ на поверхности нарушения «Л» при отработанном выемочном столбе 1012-ю пласта Тройного

Область сдвига в узлах сместителя ТН «Л» – strefa ścinania w węzłach skrzydła przesuwającego dyslokacji tektonicznej „L”; Устойчивое состояние в узлах сместителя ТН «Л» – stan stabilny w węzłach skrzydła przesuwającego dyslokacji tektonicznej „L”; Тектоническое нарушение «Л» – dyslokacja tektoniczna „L”; Вент. бр-з 132-ю – poch. went. 132-плд.; Конв. бр-з 132-ю – poch. прзен. 132-плд; Конв. бр-з 122-ю – poch. прзен. 122-плд; Вент. бр-з 122-ю – poch. went. 122-плд.; Вент. бр-з 112-ю – poch. went. 112-плд.; Конв. бр-з 112-ю – poch. прзен. 112-плд; Вент. бр-з 102-ю – poch. went. 102-плд.; Конв. бр-з 102-ю – poch. прзен. 102-плд; Пласт Тройной – pokład Trojnoj; Лава 1312-ю – ściana 1312-плд; Лава 1212-ю – ściana 1212-плд; Лава 1112-ю – ściana 1112-плд; Лава 1012-ю – ściana 1012-плд; Пласт Четвертый – pokład Czetwiortyj; Лава 1412-ю – ściana 1412-плд; Лава 1312-ю – ściana 1312-плд; Лава 1212-ю – ściana 1212-плд; Лава 1112-ю – ściana 1112-плд; Лава 1012-ю – ściana 1012-плд; сдвигающее (срезающее) напряжение – naprężenie przesuwające (ścinające); удерживающее (критическое) напряжение – naprężenie utrzymujące (krytyczne)

Literatura

Литература

1. Program komputerowy «PRESS 3D URAL». Świadczenie państwowej rejestracji patentowej Nr 2012618481, z dnia 19.09.2012 r., Rospatent, 2012.
2. Sidorov D.V.: Komputerowa ocena zagrożenia tąpnięciami złóż rudnych o złożonej budowie geologicznej. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, nr 3/493, 2012, s. 19-25.

1. Программа для ЭВМ «PRESS 3D URAL». Свидетельство о государственной регистрации № 2012618481 от 19.09.2012, Роспатент, 2012.
2. D.V. Sidorov. Komputerowa ocena zagrożenia tąpnięciami złóż rudnych o złożonej budowie geologicznej. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa. Katowice, Poland, 2012, nr 3/493, s. 19-25.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.

Статья прорецензирована двумя независимыми рецензентами.

FORECAST ASSESSMENT OF FRACTURE ZONES ON THE SURFACE OF "L" TECTONIC DISTURBANCE WHILE MINING IN THE SOUTHERN BLOCK OF "SEVERNAYA" COAL MINE OF JSC "VORKUTAUGOL"

The article describes geodynamic conditions of working in the "Troinoy" coal seam in the tectonically stressed areas of the southern block level -748 m of the "Severnaya" coal mine. The author gave the predictive assessment results of the "1012" excavation of the "Troinoy" coal seam on the stability of the elements of the contact surface of the "L" tectonic disturbance.