

## — ГЕОЛОГИЯ —

УДК 622.831

*Л.В. Петрова, А.И. Сивцева, А.М. Алексеев, А.А. Николаева***ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВЫХ ОБНАЖЕНИЙ КРОВЛИ  
ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГОРИЗОНТЕ  
+490 III РУДНОГО СТОЛБА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАДРАН**

При разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом проявляются геомеханические процессы, которые существенно влияют на качество руды, себестоимость продукции и безопасность ведения горных работ.

Недостаточно верно обоснованный выбор геомеханических устойчивых пролетов обнажений может привести к внезапному обрушению и вывалообразованию в очистных выработках, тем самым снижается безопасность горных работ.

В работе приводится определение устойчивых обнажений кровли очистных выработок по методике С.В. Ветрова для трещиноватых пород в условиях III рудного столба месторождения «Бадран» на территории Оймяконского района Республики Саха (Якутия). В первую очередь проанализированы прочностные и упругие свойства горных пород и руд III рудного столба месторождения на горизонте +490, далее был проведен расчет устойчивых обнажений по условию исключения вывалообразования ложной кровли, во-первых, для рудной залежи, представленной милонитами с кварцем, кварцами и, во-вторых, для рудной залежи, представленной милонитами, алевролитами милонитизированными. В конечном итоге получены зависимости допустимых пролетов обнажений кровли очистных камер от мощности непосредственной кровли для алевролитов, алевропесчаников и милонитизированных пород по блокам трещиноватости. Блоки трещиноватости рассмотрены по трем категориям: сильнотрещиноватые, среднетрещиноватые и слаботрещиноватые породы. Представлены результаты в виде рекомендаций по креплению очистных выработок.

Выявлено, что рудные тела и вмещающие зоны дробления III рудного столба месторождения «Бадран» относятся к слабоустойчивым, в связи с этим появляется необходимость предусматривать временную предохранительную крепь при ведении очистных работ.

*Ключевые слова:* устойчивые размеры обнажений, методика Ветрова, горизонтальные пролеты, формула расчета пролетов обнажений, трещиноватость блока пород.

---

*ПЕТРОВА Любовь Владимировна* – старший преподаватель, Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: eL\_Pi@mail.ru

*PETROVA Ljubov' Vladimirovna* – Senior lecturer of Mining Institute M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: eL\_Pi@mail.ru

*СИВЦЕВА Алена Ивановна* – ассистент, Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: alyona\_archibald@mail.ru

*SIVCEVA Alena Ivanovna* – Assistant of Mining Institute M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: alyona\_archibald@mail.ru

*АЛЕКСЕЕВ Андрей Михайлович* – старший преподаватель, Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: am.alekseev@s-vfu.ru

*ALEKSEEV Andrej Mihajlovich* – Senior lecturer of Mining Institute M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: am.alekseev@s-vfu.ru

*НИКОЛАЕВА Александра Афанасьевна* – старший преподаватель, Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: shuriknik-va@mail.ru

*NIKOLAEVA Aleksandra Afanas'evna* – Senior lecturer of Mining Institute M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

E-mail: shuriknik-va@mail.ru

## The definition of the size of dynamically stable exposures of stopes on +490 working level of the III ore panel of the Badran field

During the underground mining there are geomechanical processes, which greatly affect the quality of ore, the cost of production and the safety of mining operations.

Not well-founded choice of geomechanical stable spans of exposures can lead to sudden cave-in in ore stopes, and so it decreases the safety of mining operations.

In this article the definition of dynamically stable size of roof exposures of stopes by the method of S.V. Vetrov for fractured rock in the conditions of the III ore panel of the Badran field on the territory of Oymyakon district of the Republic of Sakha (Yakutia) is given. The rock strength and elastic characteristics are analyzed, then the calculation is carried out at first, for ore deposit, presented with quartz mylonite, quartz; secondly, for the ore deposit, presented mylonite, mylonite siltstones.

Finally, there is the dependence of admissible exposures of spans of the roof of treatment working of chamber on the power of a direct roof for aleurolites, siltsandstones and mylonite rocks according to fractured blocks. Blocks of fracturing are considered in three categories: rocks of strong fracturing, rocks of medium fracturing and of light ones. Results are presented in the form of recommendations on timbering of ore stopes.

It is revealed that ore bodies and zones for crushing of the third ore panel of the «Badran» deposit belong to weak-stable, in this connection there is a need to provide a temporary protective timbering during mining operations.

*Keywords:* dynamically stable size of exposures; method by Vetrov; horizontal spans; formula for calculating of spans outcrops; fracturing of rock's panel.

### Введение

При разработке рудных месторождений к устойчивости кровли камерных выработок предъявляются высокие требования: во-первых, с позиций обеспечения безопасности работ; во-вторых – полноты извлечения полезного ископаемого.

Устойчивость подрабатываемых горных пород зависит от их строения, физико-механических свойств и действующих нагрузок, что правомерно и для кровли камер.

Кровля камер испытывает сложное напряженное состояние. В том случае, когда она представлена однородными породами (или близкими к ним по деформационно-прочностным характеристикам) и целики полностью сохраняют сцепление с массивом, в средней части пролета камеры возникают растягивающие, а в областях, примыкающих к целикам, сжимающие напряжения [1,7,9,10].

Существующие методы определения устойчивости пролетов кровли различаются в зависимости от того, каким принимается строение пород. Для слоистых пород считаются безопасными упругие деформации. Для однородных трещиноватых пород устойчивость кровли определяется наличием естественного равновесия С.В. Ветрова. С.В. Ветров главным фактором устойчивости считает блочность массива [3,5]. Считается, что структурные блоки немедленно или со временем сместятся в выработанное пространство, а кровля примет форму свода, если не принять каких-либо мер управляющего воздействия, например, крепления пород.

При определении безопасных пролетов кровли стремятся найти такие предельные значения, при которых сохраняется плоская форма кровли [2,4,6,8].

Расчет устойчивых обнажений по условию исключения вывалообразования ложной кровли проведен по методике С.В. Ветрова для трещиноватых пород [3].

Величина закрепленного пролета непосредственной кровли рассчитывается по формуле:

$$L = 2.98 * d_{н2} * \sqrt{\frac{10 * R_{сж}}{k_2 * b * \gamma}} \quad (1)$$

где,

$d_{н2}$  – вертикальный размер структурного блока пород основной кровли, м;

$R_{сж}$  – предел прочности на сжатие, кгс/см<sup>2</sup>;

$k_2$  – коэффициент запаса устойчивости плоского обнажения (2,5-3);

$b$  – мощность вышележащих пород склонных к вывалообразованию, м;  
 $\gamma$  – объемный вес пород, кг/м<sup>3</sup>.

**Расчет устойчивых обнажений по методике С.В. Ветрова для трещиноватых пород**  
Данные условия месторождения для расчета устойчивых обнажений на горизонте +490:

Рудные тела приурочены к минерализованной зоне дробления «Надвиговая», которая залегает в толще верхнетриасовых терригенных пород, представленных песчаниками, алевролитами, их переходными разностями, переслаивающимися и чередующимися в различных соотношениях. Внутреннее строение зоны достаточно сложное. Она выполнена тектонически переработанными терригенными породами, часто до стадии милонитов, в которых локализируются в самых различных соотношениях кварцевые жилы, линзы, гнёзда, участки прожилкового окварцевания.

Основной объём в материале собственно рудной зоны занимают рассланцованные, развальцованные и милонитизированные породы с жильно-прожилковым окварцеванием. Эти образования подвержены сильной трещиноватости, количество трещин на 1 п.м. составляет от 10 до 50. Большая часть трещин выполнена льдом, кварцем, гипсом, эпсомитом. Трещины ориентированы преимущественно параллельно и субпараллельно контактам зоны.

Расчет параметров ведется на глубине 333 м для рудной залежи, представленной рассланцованными, развальцованными и милонитизированными породами с жильно-прожилковым окварцеванием. При этом берем мощность непосредственной кровли, представленной неустойчивыми породами, милонитами, от 1 до 20 м.

Расчет проведен для условий:

- 1) для рудной залежи, представленной милонитами с кварцем, кварцами;
- 2) для рудной залежи, представленной милонитами, алевролитами милонитизированными.

Характеристика прочностных и упругих свойств горных пород и руд представлена в табл. 1.

Принятые исходные данные:

- 1)  $R_{сж} = 900$  кгс/см<sup>2</sup>;  $\kappa_2 = 2,5$ ;  $g = 2500$  кг/м<sup>3</sup>

Результаты подсчета устойчивых обнажений по методике С.В. Ветрова приведены в табл. 1-6.

Таблица 1

**Для сильнотрещиноватого блока пород ( $d_{н2} = 15$  см  $d_{н2} = 15$  см)**

Мощность непосредственной кровли $b, м$	1	2	4	6	8	10	15	20
Допустимый пролет обнажений $L, м$	0,54	0,38	0,27	0,22	0,19	0,17	0,14	0,12

Таблица 2

**Для среднетрещиноватого блока пород ( $d_{н2} = 50$  см  $d_{н2} = 50$  см)**

Мощность непосредственной кровли $b, м$	1	2	4	6	8	10	15	20
Допустимый пролет обнажений $L, м$	1,79	1,26	0,89	0,73	0,63	0,57	0,46	0,40

Таблица 3

**Для слаботрещиноватого блока пород ( $d_{н2} = 100$  см  $d_{н2} = 100$  см)**

Мощность непосредственной кровли $b, м$	1	2	4	6	8	10	15	20
Допустимый пролет обнажений $L, м$	3,58	2,53	1,79	1,46	1,26	1,13	0,92	0,80

2)  $R_{сж} = 500 \text{ кгс/см}^2$ ;  $\kappa_2 = 2,5$ ;  $g = 2500 \text{ кг/м}^3$

Таблица 4

Для сильнотрещиноватого блока пород ( $d_{н2} = 15 \text{ см}$ ,  $d_{н2} = 15 \text{ см}$ )

Мощность непосредственной кровли $b, \text{ м}$	1	2	4	6	8	10	15	20
Допустимый пролет обнажений $L, \text{ м}$	0,40	0,28	0,20	0,16	0,14	0,13	0,10	0,09

Таблица 5

Для среднетрещиноватого блока пород ( $d_{н2} = 50 \text{ см}$ ,  $d_{н2} = 50 \text{ см}$ )

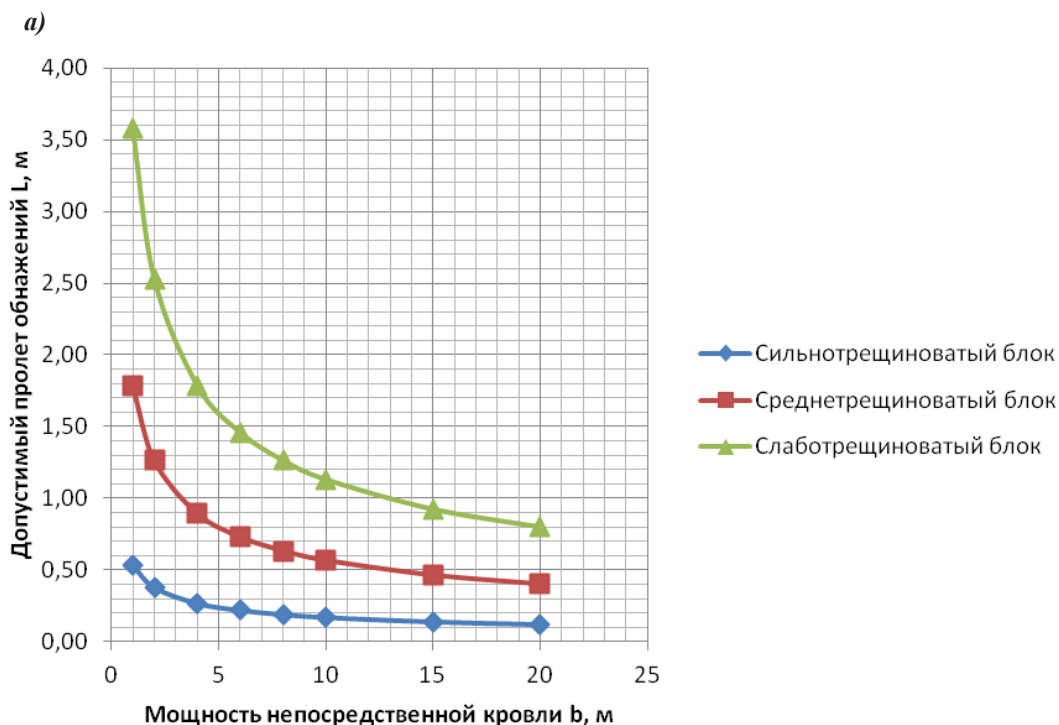
Мощность непосредственной кровли $b, \text{ м}$	1	2	4	6	8	10	15	20
Допустимый пролет обнажений $L, \text{ м}$	1,33	0,94	0,67	0,54	0,47	0,42	0,34	0,30

Таблица 6

Для слаботрещиноватого блока пород ( $d_{н2} = 100 \text{ см}$ ,  $d_{н2} = 100 \text{ см}$ )

Мощность непосредственной кровли $b, \text{ м}$	1	2	4	6	8	10	15	20
Допустимый пролет обнажений $L, \text{ м}$	2,67	1,88	1,33	1,09	0,94	0,84	0,69	0,60

Графики зависимости допустимых пролетов от мощности непосредственной кровли при 1 типе кровли (алевролиты, алевропесчаники, песчаники) (а) и при 2 типе кровли (милониты) (б) приведены на рис. 1.



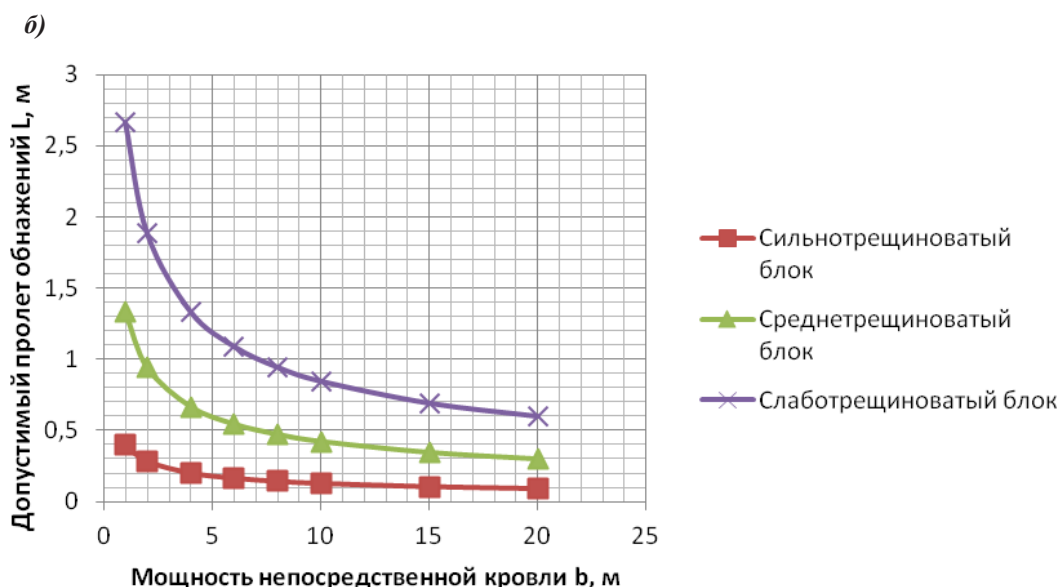


Рис. 1. Зависимости допустимых пролетов обнажений кровли очистных камер от мощности непосредственной кровли: а) алевролиты, алевропесчаники; б) милонитизированные породы

### Заключение

По результатам выполненных расчетов можно сделать вывод о том, что очистная выемка в камере шириной 2,5 м без крепления исключается даже при относительно прочных породах кровли.

При применении сплошной системы разработки с креплением и последующей закладкой, при принятой ширине заходки 2,5 м и при отставании крепи от забоя до 2,0 м, необходимо предусматривать временную предохранительную крепь.

Таким образом, для крепления очистных выработок могут быть применены следующие виды спецпрофилей СВП-17 или СВП-22, с шагом установки от 0,7 – 1,2 м.

При креплении неустойчивых пород спецпрофилем СВП-17 шаг установки крепи не должен превышать 0,7 м.

При использовании в качестве верхняков спецпрофиля СВП-17, который имеет момент сопротивления 57,9 см<sup>3</sup>, требуется усиление верхняка пластинами или устанавливая сдвоенную балку. Между рамами по стойкам и верхнякам устанавливаются межрамные стяжки.

### Литература

1. Галаев Н.З. Управление состоянием массива горных пород при подземной разработке рудных месторождений – Москва: Недра, 1990. – 176 с.
2. Голик В.И., Исмаилов Т.И. Управление состоянием массива. – Москва: Мир, 2008. – 374 с.
3. Ветров С.В. Допустимые размеры обнажений горных пород при подземной разработке руд. – Москва: Наука, 1975.
4. Тюпин В.Н. Методика определения динамически устойчивых размеров обнажений трещиноватого горного массива на сопряжениях выработок и железнодорожных тоннелей // Вестник забайкальского государственного университета. – 2016. – Т. 22, № 12. – С. 30–36.
5. Петров А.Н., Никифоров Л.А. Определение рациональных параметров систем разработки золото-сурьмяного месторождения «Сентачан» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – № 10. – С. 220-222.
6. Тюпин В.Н. Установление динамически устойчивых размеров обнажений трещиноватого напряженного горного массива при камерных вариантах систем разработки // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. – Т. 22, № 6. – С. 31-39.

7. Баранов А.О. Расчет параметров технологических процессов подземной добычи руд. – Москва: Недра, 1985. – 224 с.
8. Тюпин В.Н. Определение устойчивых размеров обнажений горного массива на сопряжениях выработок // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Геология и горное дело. – 1990. – вып. 1. – С. 11-17.
9. Нестеренко Г.Т., Скозобцев Б.С., Палий В.Д., и др. Методические указания по установлению размеров камер и целиков при камерных системах разработки руд цветных металлов. – Ленинград: ВНИМИ, 1972. – 82 с.
10. Павлов А.М., Семенов Ю.М., Сосновский Л.И. Определение параметров устойчивых обнажений камер при разработке наклонных жил в криогенных зонах в условиях Ирокиндинского золоторудного месторождения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2008. – № 5. – С. 142-149.

### References

1. Galaev N.Z. Upravlenie sostojaniem massiva gornyh porod pri podzemnoj razrabotke rudnyh mestorozhdenij – Moscow: Nedra, 1990. – 176 s.
2. Golik V.I., Ismailov T.I. Upravlenie sostojaniem massiva. – Moscow: Mir, 2008. – 374 s.
3. Vetrov S.V. Dopustimye razmery obnazhenij gornyh porod pri podzemnoj razrabotke rud. – Moscow: Nauka, 1975.
4. Tjupin V.N. Metodika opredelenija dinamičeski ustojčivyh razmerov obnazhenij treshhinovotogo gornogo massiva na soprjazhenijah vyrabotok i zheleznodorozhnyh tonnej // Vestnik zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – T. 22, № 12. – S. 30–36.
5. Petrov A.N., Nikiforov L.A. Opredelenie racional'nyh parametrov sistem razrabotki zolotosur'mjanogo mestorozhdenija «Sentachan» // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2006. – № 10. – S. 220-222.
6. Tjupin V.N. Ustanovlenie dinamičeski ustojčivyh razmerov obnazhenij treshhinovotogo naprjazhennogo gornogo massiva pri kamernyh variantah sistem razrabotki // Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – T. 22, № 6. – S. 31-39.
7. Baranov A.O. Raschet parametrov tehnologičeskikh processov podzemnoj dobychi rud. – Moscow: Nedra, 1985. – 224 s.
8. Tjupin V.N. Opredelenie ustojčivyh razmerov obnazhenij gornogo massiva na soprjazhenijah vyrabotok // Voprosy atomnoj nauki i tehniki. Ser. Geologija i gornoe delo. – 1990. – Vyp. 1. – S. 11-17.
9. Nesterenko G.T., Skozobcev B.S., Palij V.D., i dr. Metodicheskie ukazanija po ustanovleniju razmerov kamer i celikov pri kamernyh sistemah razrabotki rud cvetnyh metallov. – Leningrad: VNIMI, 1972. – 82 s.
10. Pavlov A.M., Semenov Ju.M., Sosnovskij L.I. Opredelenie parametrov ustojčivyh obnazhenij kamer pri razrabotke naklonnyh zil v kriogennyh zonah v uslovijah Irokindinskogo zolotorudnogo mestorozhdenija // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). – 2008. – № 5. – S. 142-149.