

Джангулова Г.К., Жеребко Л.Н.,  
Куанышкызы А.

**Влияние обширных зон  
обрушения на состояние  
и поведение поверхности  
в результате ведения  
подземных горных работ**

Jangulova G.K.,  
Zherebko L.N., Kuanyshkyzy A.

**Impact of extensive zones  
of collapse on the state and  
behavior of the surface as a  
result of underground mining**

Джангулова Г.К.,  
Жеребко Л.Н. Куанышкызы А.

**Жер асты қазымдау  
жұмыстарын жүргізу кезінде  
болатын жаппай  
опырылу аймағының жер  
бетіне тигізетін әсері**

Исходя из геомеханических и горно-геологических условий залегания месторождений и особенностей строения природного массива, на горнодобывающих предприятиях Дон ГОКа принята система разработки с самообрушением, отличающаяся высокими технологическими и экономическими показателями. Образование в процессе очистной выемки обширных зон обрушенных пород приводит к развитию негативных процессов по формированию экстремально высоких нагрузок на крепь горных выработок, а в определенных геотехнических ситуациях зоны обрушения оказывают влияние на состояние дневной поверхности, где возможны проседания вплоть до образования воронок. Все это может привести к катастрофическим последствиям как в шахтных условиях, так и на поверхности. В данной статье рассмотрено формирование зоны обрушения.

**Ключевые слова:** массив, зона обрушения, система разработки, геомеханические условия залегания, донские хромиты.

Proceeding from the geomechanical and geological conditions of occurrence of deposits and structural features of natural array, it is adopted a system development with caving which is characterized by high technological and economic indicators in the mining companies of Don GOK. Formation in the process of cleaning notch of vast areas of caving leads to the development of negative processes on the formation of extremely high loads on the lining of mine workings, and in certain geotechnical situations collapse zones affect on the Earth's daily surface, where possible subsidence is up to the formation of craters. This can lead to disastrous consequences in mine conditions, and on the surface. This article discusses the formation of the zone of collapse.

**Key words:** array zone collapse, system development, geomechanical conditions of occurrence, Don chromite.

Геомеханикалық, кенгеологиялық және массивтің табиғи құрылымы ерекшеліктеріне байланысты ДӨҢ КБК кенішінде, экономикалық тұрғыдан жоғары көрсеткішті өздігінен құлау жүйесі қабылданған. Қазымдау жұмысын жүргізу барысында пайда болатын құлау аймақтары, бекітпелерге ауырлық күшін түсіре отырып, кейбір жағдайларда құлау аймағында жер қабатының жылжуы мүмкін. Аталмыш мақалада құлау аймағының қалыптасуы қарастырылған.

**Түйін сөздер:** массив, құлау аймағы, геомеханикалық жағдайдың қалыптасуы, дөң хромиттері.

**ВЛИЯНИЕ ОБШИРНЫХ  
ЗОН ОБРУШЕНИЯ  
НА СОСТОЯНИЕ И  
ПОВЕДЕНИЕ  
ПОВЕРХНОСТИ В  
РЕЗУЛЬТАТЕ ВЕДЕНИЯ  
ПОДЗЕМНЫХ  
ГОРНЫХ РАБОТ**

**Введение**

Месторождения Донских хромитов по своим природным параметрам отличаются уникальностью не только по объемам и богатому содержанию полезного ископаемого, что является чрезвычайно важным фактором, но и неоднородностью и высокой сложностью горно-геологических условий залегания рудных тел и вмещающего массива, отличающихся высокой структурной нарушенностью, низкой прочностью и слабой устойчивостью.

Исходя из геомеханических и горно-геологических условий залегания месторождений и особенностей строения природного массива, на горнодобывающих предприятиях Дон ГОКа принята система разработки с самообрушением, отличающаяся высокими технологическими и экономическими показателями. Образование в процессе очистной выемки обширных зон обрушенных пород приводит к развитию негативных процессов по формированию экстремально высоких нагрузок на крепь горных выработок, а в определенных геотехнических ситуациях зоны обрушения оказывают влияние на состояние дневной поверхности, где возможны проседания вплоть до образования воронок. Все это может привести к катастрофическим последствиям как в шахтных условиях, так и на поверхности [1].

**Объект исследования**

В пределах шахтного поля шахты «ДНК» находится более пятидесяти рудных тел различной мощности и пространственной ориентации. С переходом горных работ на более глубокие горизонты вполне реальны ситуации, когда отработка рудных залежей будет производиться под ранее отработанным рудным телом, а практически под обширной зоной обрушенных горных пород в определенной степени уплотненной, в целом, представляющую разрыхленную массу.

В горно-геологическом отношении возможны различные варианты взаиморасположения, а следовательно, взаимовлияния отработанных и обрабатываемых рудных тел. Основными параметрами, с методической точки зрения, являются мощность рудных залежей, величина межрудного пространства, глубина отработки и геотехнические параметры рудных тел и вмещающих пород.

**Исходные данные и методы исследования**

Для изучения методической схемы расчета рассматривается отработка мощного рудного тела Р.т 2 в две очереди. С этой целью рудное тело условно разделяется на две приблизительно равные части – верхнюю и нижнюю. При этом высота очистных камер в обоих случаях будет равная, т.е.  $h_{к.л} = h_{к.в}$ . Над рудным телом Р.т 2 на раннем этапе

отработано рудное тело Р.т 1, в результате чего сформировалась обширная зона обрушенных пород. Высота межрудного пространства в реальных условиях может принимать различное значение, обозначим этот параметр  $h_{м.р}$ .

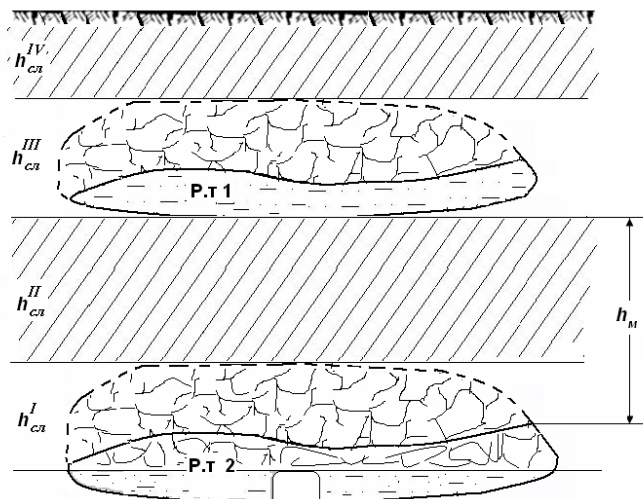
Схематично это представлено на рисунке 1

При отработке первой очереди рудного тела Р.т 2 над нижней его частью по аналогии с рудным телом Р.т 1 сформируется зона обрушенных пород соответствующей высоты. Таким образом отработка нижней части Р.т 2 будет осуществляться под многослойным массивом со слоями различной мощности и геотехническими параметрами, в частности, коэффициентом разрыхления  $k_p$  [2].

В результате формируется свод обрушения  $h_{св}$ , определяемый зависимостью

$$h_{св} = h'_{сл} + h''_{сл} + h'''_{сл} + \dots + h^i_{св}, \tag{1}$$

где 
$$h^i_{св} = \frac{h_k - [h_{сл}^I (k_p^I - 1) + h_{сл}^{II} (k_p^{II} - 1) + h_{сл}^{III} (k_p^{III} - 1) + \dots + h_{сл}^{i-1} (k_p^{i-1} - 1)]}{k_p^i - 1}; \tag{2}$$



**Рисунок 1** – Схема к расчету формирования зоны обрушения при отработке рудной залежи под ранее отработанным рудным телом

Суммарная высота обрушенных пород:

$$h_{об} = h_{св} + h_k \tag{3}$$

При большом количестве слоев в налегающей толще уравнение (2) решается при выполнении условия:

$$h_k \geq \sum_{n=1}^{i-1} h_{сл,n} (k_{p,n} - 1), \quad (4)$$

где  $n$  – количество слоев, вовлекаемых в обрушение.

Значения коэффициентов разрыхления  $k_p$  слоев обрушенных и уплотненных пород находятся через уравнение

$$k_p^i = \frac{k_{p,m}}{k_{упл}^i},$$

Высота слоя межрудного пространства  $h_{сл}^{II}$  равна  $h_{сл}^{II} = h_{mp} - (h'_{сл} - h'_k)$ .

Для наглядности и описания последовательности выполнения операций при определении предельного свода обрушения налегающих пород при отработке очистных камер под многослойным массивом методическая схема представлена численным примером расчета. Схематично рассматриваемый вариант расчета представлен на рисунке 2.

Отрабатывается мощное рудное тело Р.Т 2 второй очереди, т.е. его нижняя половина. Высота очистной камеры  $h_{к.в} = 80$  м. В результате отработки верхней половины Р.Т 2, где высота

очистной камеры составила  $h_{к.в} = 80$  м, сформировался слой обрушенных пород  $h_{сл}^I$ . Высота  $h_{сл}^I$  составит  $h'_{сл,упл} = 1,9785 h_k^{1,1149} = 260$  м.

Далее находим геотехнические параметры слоя  $h_{сл}^I$ . Величина коэффициента уплотнения  $k_{упл}^I$  находится согласно [3]:

$$k_{упл}^I = 1,553e^{-0,0005 h'_{сл,упл}} = 1,364.$$

Коэффициент разрыхления слоя обрушенных и уплотненных пород  $h_{сл}^I$  принимает значение

$$k_p^I = \frac{k_{p,m}}{k_{упл}^I} = \frac{k_{p,m}}{1,553e^{-0,0005 h'_{сл,упл}}} = 1,173$$

Слой  $h_{сл}^{II}$  представлен нетронутым массивом с коэффициентом разрыхления  $k_p = 1,6$ . Мощность слоя для расчета принята равной  $h_{сл}^{II} = 20$  м, что соответствует величине межрудного пространства  $h_{mp} = 200$  м.

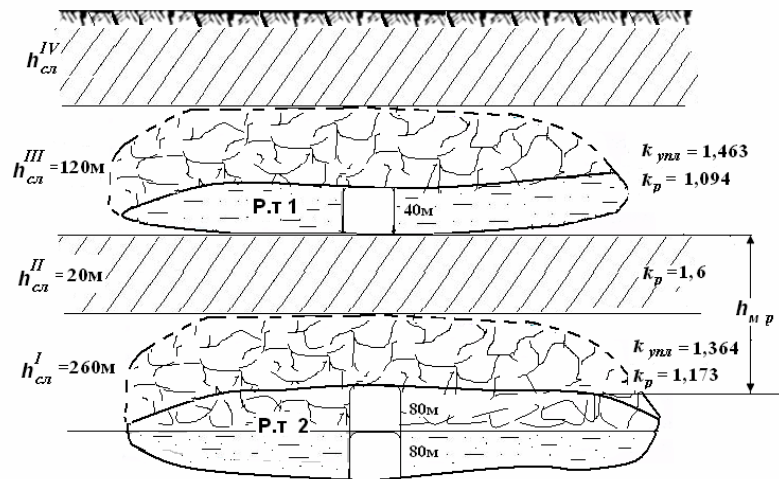


Рисунок 2 – Схема расчета предельного свода обрушения под многослойным массивом

Слой  $h_{сл}^{III}$  сформировался при отработке рудного тела Р.т 1 мощностью в пределах  $m = 40$  м, т.е. с размером очистной камеры  $h_k = 40$  м. Основные геотехнические параметры для  $h_{сл}^{III}$  находятся по аналогии со слоем  $h_{сл}^I$ . В результате имеем:  $h_{сл}^{III} = 120$  м;  $k_{упл}^{III} =$

$= 1,463$ ;  $k_p^{III} = 1,094$ . Определив основные исходные данные, находим величину свода обрушения в процессе отработки нижней половины рудного тела Р.т 2 камерами  $h_k = 80$  м, используя соотношения (1 и 2), в результате имеем

$$h_{св}^{IV} = \frac{h_k - [h_{сл}^I (k_p^I - 1) + h_{сл}^{II} (k_p^{II} - 1) + h_{сл}^{III} (k_p^{III} - 1)]}{k_p^{IV} - 1} = 20,0 \text{ м.}$$

Высота свода обрушения будет равна  $h_{св.об} = h_{сл}^I + h_{сл}^{II} + h_{сл}^{III} + h_{св}^{IV} = 420$  м.

Полная высота слоя обрушенных пород  $h_{об} = h_{св.об} + h_k = 500$  м.

Далее, используя соотношение (2), находим относительное уплотнение  $D$  для слоя обрушенных пород  $h_{об} = 500$  м

$$D = 0,6828 h_{об}^{0,5636} - 2,11 = 20,6\%.$$

### Результаты

В результате уплотнения образуется свободное пространство (камера подбутовки  $h_{к.п}$ ), определяемое соотношением

$$h_{к.п}^I = h_{об}^I \cdot D = 103 \text{ м.}$$

Здесь необходимо отметить, что решение данной задачи производится в дискретной форме, что позволяет поэтапно определять расчетные параметры процесса подбутовки.

Для камеры подбутовки  $h_{к.п}^I$  находим слой обрушенных пород  $h_{об}^I$

$$h_{об}^I = \frac{h_{к.п}^I}{k_{р.м}^I - 1} + h_{к.п}^I = 275 \text{ м.}$$

Суммарная высота обрушенных пород равна  $h_{об.сум}^I = h_{об}^I + h_{к.п}^I = 775$  м

Относительное уплотнение для  $h_{об.сум}^I$  составит  $D^I = 26,9\%$

Находим камеру подбутовки  $h_{к.п}^{II}$  и свод обрушения  $h_{об}^{II}$ , которые будут

$$h_{к.п}^{II} = h_{об.сум}^I \cdot (D^I - D) = 49 \text{ м} \quad h_{об}^{II} = 131 \text{ м}$$

$$h_{об.сум}^{II} = h_{об.сум}^I + h_{об}^{II} = 906 \text{ м.}$$

Относительное уплотнение для  $h_{об.сум}^{II} = 906$  м составит  $D^{II} = 29,6\%$ . Далее по аналогичной схеме рассчитывается

$$h_{к.п}^{III} = 24 \text{ м}, \quad h_{об}^{III} = 64 \text{ м},$$

$$h_{об.сум}^{III} = 970 \text{ м}, \quad D^{III} = 30,8\%; \quad h_{к.п}^{IV} = 12 \text{ м},$$

$$h_{об}^{IV} = 32 \text{ м},$$

$$h_{об.сум}^{IV} = 1002 \text{ м}, \quad D^{IV} = 31,4\%;$$

$$h_{к.п}^V = 6 \text{ м} \quad h_{об}^V = 16 \text{ м}$$

$h_{об}^V = 16$  м – величина сравнительно малая, не требующая дальнейших расчетов камер подбутовки.

### Выводы

Окончательно суммарная высота обрушенных и уплотненных пород будет равна 1018 м [4]. В итоге рассчитываем предельную высоту обрушенных и уплотненных пород, которая составит 695 м.

Таким образом, при отработке рудной залежи мощностью в пределах 160-170 м под ранее отработанным рудным телом мощностью около 40 метров, расположенным выше на расстоянии 200 м, мощность зоны обрушенных пород составит согласно расчетам величину, близкую 695 м.

### Литература

- 1 Едилбаев И.Б., Шашкин В.Н., Елпашев Г.А. Хромиты Кемпирсая – сырьевая база АО «Донской ГОК» // Горный журнал – 1998. – № 6. – С. 6-8.
- 2 Жеребко Л.Н., Джангулова Г.К., Пивоварова Л.М. Формирование свода обрушений в налегающем массиве представленным слоями различной мощности // Научно-техническое обеспечение горного производства. Труды ИГД им. Д.А.Кунаева. – Алматы, 2008. – Т.75. – С.18-21.
- 3 Прогноз вероятности техногенных катастроф с позиции геомеханических процессов в массиве горных пород при разработке рудных месторождений в сложных горно-геологических условиях на больших глубинах // Отчет о НИР. Фонды ИГД им. Д.А. Кунаева. Алматы, 2008. – 98 с.
- 4 Способы и средства обеспечения устойчивости горных выработок при отработке мощных залежей хромитовых руд под обрушенным массивом системой с самообрушением // Отчет о НИР. Фонды ИГД им. Д.А. Кунаева. Алматы, 2012. – 80 с.

### References

- 1 Edil'bayev I.B., Shashkin V.N., Elpashev G.A. Hromity Kempirsaya – syir'evaya baza AO "Donskoy GOK" // Gornyi jurnal – 1998. – № 6. S.6-8.
- 2 Jerebko L. N., Dangulova G. K., Pivovarova L. M. Formirovaniye svoda obrushenyi v nalegayushem massive predstavlenim sloyami razlichnoi moshnosti // Nauchno-technicheskoe obespechenie gornogo proizvodstva. Trudi IGD im. D. A. Kunaeva. – Almaty, 2008. – T.75. – S. 18-21.
- 3 Prognoz veroyatnosti technogennyih katastrof s poziciei geomehaniicheskikh processov v massive gornih porod pri razrobotke rudnih mestorojdeniy v slojnih gorno-geologicheskikh usloviyah na bol'shih glubinah // Otchet o NIR. Fondi IGD im. D. A. Kunaeva. Almaty, 2008. – 98 s.
- 4 Sposobi i sredstva obespecheniya ustoichivosti gornih virobotok pri otrabotke moshnih zalejei hromitovyih rud pod obrushennyim massivom sistemoi s samoobrusheniyem // Otchet o NIR. Fondi IGD im. D. A. Kunaeva. Almaty, 2012. – 80 s.