

# МЕХАНИКА ГОРНЫХ ПОРОД

УДК 622.016.5

DOI: 10.7242/ESHO.2019.1.10

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ГЛИНИСТО-СОЛЕВЫХ ШЛАМОВ НА РУДНИКАХ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.В. АНИКИН

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** рассмотрены требования нормативных документов при проходке камер большого сечения на калийных рудниках Верхнекамского месторождения, даны рекомендации для определения безопасных параметров при строительстве камер большого сечения в подстилающей каменной соли.

**Ключевые слова:** камеры большого сечения, подземные шламохранилища, глинисто-солевые шламы, угол обрушения пород кровли, поперечное сечение, подстилающая каменная соль.

### Введение

Глинисто-солевые шламы, образующиеся при работе обогатительных фабрик, представляют собой гидросмесь с весовым отношением жидкого к твердому, величина которого изменяется в диапазоне от 3:1 до 2:1. Жидкая фаза смеси представляет собой рассол, насыщенный калием и натрием. Твердая фаза содержит от 15% до 70% нерастворимого остатка (Н.О.), а также мелкодисперсные соли, аналогичные по химическому составу твердым галитовым отходам [1].

Существуют два основных способа расположения шламов: на поверхности в специальных шламохранилищах и в подземных горных выработках.

Шламохранилища представляют собой специально подготовленную емкость на поверхности, ограниченную дамбами высотой не менее 10 м. Ввод такой емкости в эксплуатацию требует значительных капитальных затрат, так как необходимо выполнить большой объем земляных работ и экранирования. Шламохранилища на поверхности являются источниками постоянного загрязнения окружающей среды из-за ненадежности экранов, а также представляют большую потенциальную опасность при разрушении дамб. В связи с указанными недостатками поверхностного расположения шламов развивается направление размещения шламов в подземные горные выработки. Технологические схемы размещения шламов в подземные горные выработки можно разделить на две большие группы:

- 1) схемы размещения шламов на участках шахтных полей, где производятся закладочные работы;
- 2) схемы размещения шламов в специальных камерах, пройденных в подстилающей каменной соли [2].

Впервые на Верхнекамском месторождении специальные камеры большого сечения (КБС) для складирования шламов были построены на руднике БКПРУ-1 в 1970-1980 годах. Камеры были пройдены в подстилающей каменной соли и имели следующие параметры: ширина 20 м; высота 25-30 м; длина 300-525 м; ширина МКЦ 65-80 м [1, 2]. Впоследствии КБС были построены на рудниках БКПРУ-4 и СКРУ-1.

### 1. Требования действующих нормативных документов

При определении безопасных параметров проходки необходимо учитывать следующие требования действующих «Указаний...» [3]:

- 1) максимальные значения ширины и высоты КБС не должны превышать 20 м;
- 2) расстояние между КБС должно исключать их взаимное влияние, при этом ширина междукамерных целиков (МКЦ) определяется из выражения:

$$b_{ms} = 3 \cdot a_m + 2 \cdot \Delta b, \quad (1)$$

где  $a_m$  – максимальная ширина КБС, м;  $\Delta b$  – ослабленная краевая зона МКЦ вследствие выщелачивания (растворения) каменной соли техногенными рассолами, м. При отсутствии фактических данных  $\Delta b = 5,0$  м.

3) для повышения устойчивости обнажений кровли проходка ходов комбайна в верхней части камер осуществляется с формированием свода определенной формы, при этом расстояние от подошвы слоя маркирующей глины (МГ) до кровли КБС должно быть не менее 8,0 м;

4) параметры системы разработки должны обеспечивать выполнение условия, ограничивающего величину максимального прогиба слоев водозащитной толщи:

$$V_m \leq [V_m] \quad (2)$$

где  $V_m$  – расчетное значение максимального прогиба слоев ВЗТ, соответствующее принятым параметрам отработки пластов, м;  $[V_m]$  – величина допустимого прогиба слоев ВЗТ в рассматриваемых горно-геологических условиях, м;

5) при отработке пласта каменной соли нормативная степень нагружения междукамерных целиков равна  $[C]=0,30$ .

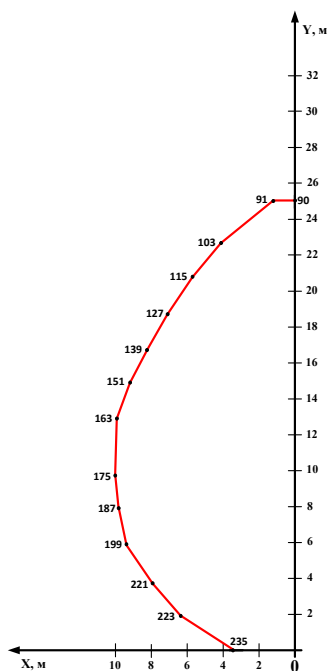
6) величина устойчивого пролета для каменной соли составляет  $a_{om} = 8,0$  м. В случае отработки пласта каменной соли камерами шириной в один ход комбайна максимальное значение вынимаемой мощности  $m_0$  не должно превышать 6,0 м.

7) строительство КБС для размещения глинисто-солевых шламов допускается в подстилающей каменной соли за пределами влияния многоэтажной застройки, аномальных зон в ВЗТ и т.д.

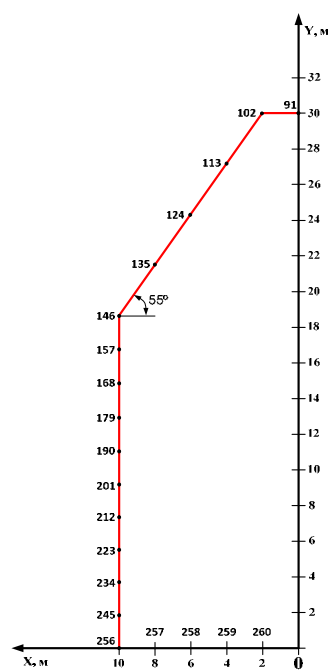
## 2. Рекомендации при определении безопасных параметров камер большого сечения

1. В работе [4] для КБС рекомендуется два вида поперечного сечения:

- 1) с прочным сводом в кровле и обратным сводом в почве (рис. 1);
- 2) прямоугольное с трапециевидным сводом, боковые поверхности которого располагаются под углом обрушения пород кровли  $\psi = 55^\circ$  (рис. 2).



**Рис. 1.** Поперечное сечение КБС с прочным сводом в кровле и обратным сводом в почве



**Рис. 2.** Поперечное сечение КБС прямоугольное с трапециевидным сводом

Из работы [4] следует, что для КБС шириной  $a_m = 20,0$  м с трапециевидным сводом, пройденных в подстилающей каменной соли, срок сохранения устойчивости на 17% ниже по сравнению камерами со сводчатым сечением. Вместе с тем, выполнение комбайном верхней трапециевидной части камеры значительно проще по сравнению со сводчатой формой. Кроме того, согласно работе [4], камеры, имеющие прямоугольное сечение с трапециевидным сводом, характеризуются достаточной устойчивостью.

Таким образом, для КБС рекомендуется прямоугольное поперечное сечение с трапециевидным сводом, боковые поверхности которого располагаются под углом обрушения пород кровли  $\psi = 55^\circ$  [4, 6].

2. Длина КБС определяется с учетом возможностей самоходных вагонов, используемых при проходке. У основных типов самоходных вагонов, которые могут быть использованы при проходке, емкость кабельного барабана не превышает 220 м [5], а радиус действия без переключения кабеля составляет не менее 200 м, поэтому длину камер КБС целесообразно принять равную  $L_{\text{КБС}} = 200$  м.

3. Высоту КБС (для большей вместимости) следует принять максимальную, указанную в действующих «Указаниях...» [3], т.е.  $h_{\text{КБС}} = 20,0$  м.

4. В настоящее время на рудниках Верхнекамского месторождения для подготовки и выемки мощных пластов используются в основном комбайны типа «Урал-20Р». С учетом горно-геологических условий наиболее часто применяются комбайны, имеющие сечение  $15,74$  м<sup>2</sup>, при этом максимальная ширина хода комбайна составляет 5,5 м.

Для наиболее полного использования указанного сечения комбайна «Урал-20Р» оптимальной является:

1) КБС шириной в два хода (максимальная ширина камеры  $a_m = 10$  м при максимальном наложении комбайновых ходов по ширине 1 м, площадь сечения  $S_{\text{КБС}} = 183,40$  м<sup>2</sup>, рис. 3);

2) КБС шириной в три хода (максимальная ширина камеры  $a_m = 15$  м при максимальном наложении комбайновых ходов по ширине 0,75 м, площадь сечения  $S_{\text{КБС}} = 251,66$  м<sup>2</sup>, рис. 4);

3) КБС шириной в четыре хода (максимальная ширина камеры  $a_m = 20$  м при максимальном наложении комбайновых ходов по ширине 0,67 м, площадь сечения  $S_{\text{КБС}} = 302,43$  м<sup>2</sup>, рис. 5).

С целью уменьшения объема проходки подготовительных горных выработок наиболее целесообразно использовать КБС шириной  $a_m = 15$  м и  $a_m = 20$  м.

В сложных горно-геологических условиях устойчивость КБС можно оценить с помощью математического моделирования с учетом реальных значений прочности соляных пород и конкретного строения соляного массива [7].

5. После определения ширины камер необходимо провести проверку по величине максимального прогиба слоев ВЗТ по степени нагружения МКЦ.

6. Из «Указаний...» [3] следует, что для исключения влияния КБС на нижний отработываемый пласт расстояние ( $h_{ms}$ ) между почвой этого пласта и кровлей КБС, согласно выражению (1), должно быть не менее:

$$h_{ms} = 3 \cdot a_m + 2 \cdot \Delta b = 3 \cdot 20,0 + 2 \cdot 5,0 = 70,0 \text{ м,}$$

где  $a_m = 20,0$  м – максимально возможная ширина КБС согласно «Указаний...» [3].

Согласно работе [4] для камер шириной 20 м максимальная высота зоны возможного сдвижения вмещающих пород в окрестностях КБС при реализации самого неблагоприятного варианта процесса сдвижения составит 58 м.

Таким образом, с учетом данных работы [4] и требований «Указаний...» [3], глубина ( $H_{\text{КБС}}$ ) до кровли КБС составит:

$$H_{\text{КБС}} = H_{\text{поч.}} + h_{ms} = H_{\text{поч.}} + 70,0 \text{ м,} \quad (3)$$

где  $H_{\text{поч.}}$  – максимальная глубина до почвы нижнего обрабатываемого пласта на участке строительства КБС, м.

7. Расстояние между подошвой слоя маркирующей глины и кровлей КБС можно определить по формуле:

$$R_{\text{КБС}}^{\text{МГ}} = H_{\text{КБС}} - (H_{\text{МГ}} + m_{\text{МГ}}) = (H_{\text{пл.}}^{\text{поч.}} + 70,0) - (H_{\text{МГ}} + m_{\text{МГ}}) = \\ = (H_{\text{пл.}}^{\text{кр.}} + m_{\text{пл.}} + 70,0) - (H_{\text{МГ}} + m_{\text{МГ}}), \text{ м} \quad (4)$$

где:  $R_{\text{КБС}}^{\text{МГ}}$  – расстояние между подошвой слоя маркирующей глины и кровлей КБС, м;

$H_{\text{КБС}}$  – глубина до кровли КБС, м;

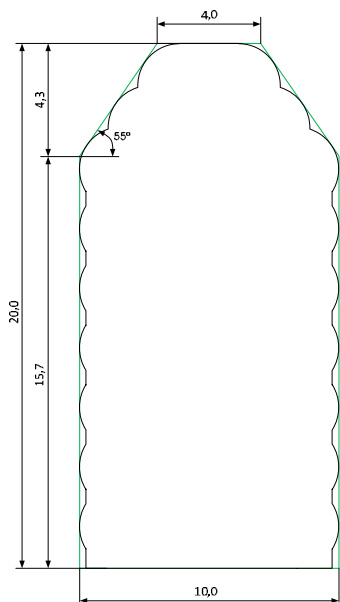
$H_{\text{МГ}}$  – глубина до кровли пласта маркирующей глины, м;

$m_{\text{МГ}}$  – максимальная мощность пласта маркирующей глины, м;

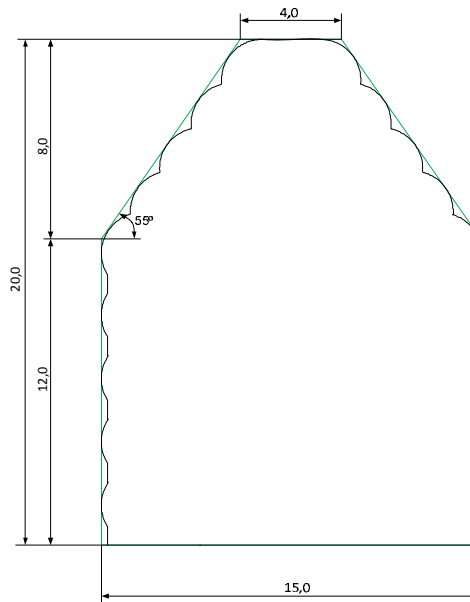
$H_{\text{пл.}}^{\text{поч.}}$  – максимальная глубина до почвы нижнего обрабатываемого пласта на участке строительства КБС, м;

$H_{\text{пл.}}^{\text{кр.}}$  – максимальная глубина до кровли нижнего обрабатываемого пласта на участке строительства КБС, м;

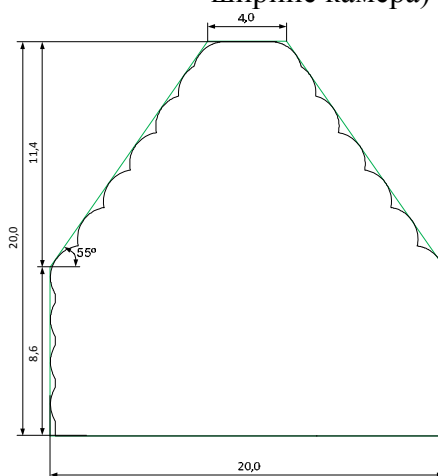
$m_{\text{пл.}}$  – максимальная мощность нижнего обрабатываемого пласта, м;



**Рис. 3.** Поперечное сечение КБС шириной 10,0 м (двухходовая по ширине камера)



**Рис. 4.** Поперечное сечение КБС шириной 15,0 м (трехходовая по ширине камера)



**Рис. 5.** Поперечное сечение КБС шириной 20,0 м (четырёхходовая по ширине камера)

8. При проходке КБС необходимо проводить контроль деформационных процессов.

9. Максимальная ширина хода комбайна ( $a_m^{\text{комб.}}$ ) типа «Урал-20Р», используемого для формирования трапециевидного свода и проходки КБС (рис. 3-5), меньше величины устойчивого пролета кровли камер ( $a_{om}$ ) на пласте каменной соли ( $a_m^{\text{комб.}} = 5,5 \text{ м} < a_{om} = 8,0 \text{ м}$ ), поэтому крепление кровли КБС не обязательно. Вместе с тем, окончательно необходимость анкерного крепления определяется проектом, исходя из конкретных горно-геологических условий (наличие соляных и глинистых прослоев, их мощность) и результатов инструментальных наблюдений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта №19-45-590004.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения / Уральский филиал ВНИИГ. – М.: Недра, 1992. – 468 с.
2. Борзаковский Б.А., Папулов Л.М. Закладочные работы на Верхнекамский калийных рудниках: Справ. – М.: Недра, 1994. – 234 с.
3. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей: утв. ПАО «Уралкалий», ЗАО «Верхнекамская калийная компания», ООО «ЕвроХим-Усольский Калийный комбинат». – введ. в действие 30.03.2017 в ред. 2014 г. – Пермь; Березники, 2014. – 130 с.
4. Исходные данные для разработки типового проекта на добычу закладочного материала из подстилающей каменной соли камерами большого сечения / ОАО Галургия, дог. соглашение № 704/98; рук. Мараков В.Е. – Пермь, 1998. – 18 стр.
5. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО «Сильвинит» / ОАО «Галургия». – Новосибирск: Наука, 2011. – 487 с.
6. Рекомендации по расчету устойчивых пролетов очистных выработок на калийных месторождениях / ВНИИГ. – Л., 1982. – 152 с.
7. Барях А.А., Шумихина А.Ю., Токсаров В.Н., Лобанов С.Ю., Евсеев А.В. Критерии и особенности разрушения слоистой кровли камер при разработке Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный журнал. – 2011. – № 11. – С.15-19.

УДК 622.02

DOI: 10.7242/echo.2019.1.11

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА В КВАЗИПЛАСТИЧНЫХ ПОРОДАХ

И.Л. ПАНЬКОВ

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** На основе анализа результатов экспериментальных исследований по сжатию соляных образцов различного размера выявлены влияющие факторы, участвующие в формировании поверхностного масштабного эффекта, присущего квазипластичным горным породам. Для проведения оценки степени воздействия влияющих факторов на проявления масштабного эффекта разработан метод построения теоретических диаграмм деформирования, учитывающий размеры образцов, а также толщину деструктивного слоя, образующегося при их изготовлении.

**Ключевые слова:** образцы квазипластичных пород, поверхностный масштабный эффект, деструктивный слой.

Одной из задач, возникающих при геомеханическом обосновании безопасных условий ведения горных работ на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей, является перенос результатов экспериментального определения физико-