

МЕХАНИКА ГОРНЫХ ПОРОД

УДК 622.273.3

DOI:10.7242/echo.2025.1.4

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ВЫЕМКИ СБЛИЖЕННЫХ СИЛЬВИНИТОВЫХ ПЛАСТОВ В ПРЕДЕЛАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТЕЙ ВКМС

В.В. Аникин, А.Я. Мазепин
Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Предложен алгоритм оценки условий отработки сближенных сильвинитовых пластов с учетом максимальной ширины и величины устойчивого пролета кровли очистных камер, геологической мощности междупластья. Полученные результаты позволяют определить минимально допустимую мощность междупластья с учетом максимальной ширины камер и величины устойчивого пролета кровли для отдельной выемки сближенных сильвинитовых пластов, максимально допустимую ширину очистных камер при известной геологической мощности междупластья и величине устойчивого пролета кровли камер для отдельной выемки сближенных сильвинитовых пластов, а также найти мощность технологического междупластья, позволяющего производить отдельную выемку сближенных пластов за счет оставления в кровле нижнего и (или) почве верхнего сближенных пластов слоя соляных пород необходимой мощности.

Ключевые слова: устойчивый пролет кровли, максимальная ширина камеры, геологическая мощность междупластья, расчетная мощность междупластовой потолочины.

В статье [1] дана оценка условий выемки трех сближенных сильвинитовых пластов с учетом требований «Указаний...» [2]. С вводом в действие «Указаний...» [3] от 2022 г. изменились требования к выемке сильвинитовых пластов, поэтому были пересмотрены и дополнены выводы и рекомендации, изложенные в статье [1].

Основные положения данной работы могут быть использованы на стадии проектирования горных работ для оценки минимально необходимой мощности междупластья при отдельной выемке сближенных (п.3.25, п.3.25.1, п.3.25.2 «Указаний...» [3]) сильвинитовых пластов с учетом ширины очистных камер и величины устойчивого пролета кровли камер, определения максимально допустимой ширины очистных камер при известных геологической мощности и устойчивом пролете при отдельной выемке сильвинитовых пластов, а также определения минимально необходимой расчетной мощности междупластовой потолочины (при ее недостаточной величине для отдельной выемки) за счет оставления в кровле нижнего и (или) почве верхнего сближенных пластов слоя соляных пород.

Согласно п. 3.20.4. «Указаний...» [3] к основным параметрам камерной системы разработки, используемой на рудниках ВКМС, относятся, в том числе, расчетная мощность междупластовых потолочин, величина которой определяет возможность отдельной выемки сближенных сильвинитовых пластов.

Расчетная мощность междупластовой потолочины m_r определяется по формуле (п. 3.21.1. «Указаний...» [3]):

$$m_r = m_{nr} - \Delta t - \delta_{on}, \text{ м} \quad (1)$$

где m_{nr} – расчетная мощность междупластья, м; Δt – расчетное приращение высоты междукамерных целиков при отработке нижнего пласта, м; δ_{on} – среднее значение мощности нарушенных пород в верхней части потолочины.

Расчетная мощность междупластья m_{nr} определяется с учетом принятой технологической схемы отработки пластов в соответствии с выражением (п. 3.21.3. «Указаний...» [3]):

$$m_{nr} = m_n - \delta_k - \delta_n, \text{ м} \quad (2)$$

где m_n – среднее значение геологической мощности междупластья на рассматриваемом участке отработки пластов, соответствующее расстоянию от подошвы верхнего пласта до кровли нижнего обрабатываемого пласта, м; δ_k – среднее значение мощности подрубаемых пород в кровле очистных камер при отработке нижнего пласта, м; δ_n – среднее значение мощности подрубаемых пород в почве очистных камер при отработке верхнего пласта, м.

Расчетная мощность междупластья при выемке запасов верхнего пласта с оставлением в почве очистных камер слоя сильвинитовых пород мощностью δ_{nc} (м) определяется из выражения (п. 3.21.4. «Указаний...» [3]):

$$m_{nr} = m_n - \delta_k + \delta_{nc}, \text{ м} \quad (3)$$

Согласно п. 1.8.1. Приложения 1 «Указаний...» [3] расчетное приращение высоты междукамерных целиков устанавливается из соотношения:

$$\Delta m = \max \left\{ \begin{array}{l} \Delta m_0 \\ m_{ok} \end{array} \right., \text{ м} \quad (4)$$

Параметр Δm_0 , согласно п. 1.8.1. Приложения 1 «Указаний...» [3], определяется из выражения:

$$\Delta m_0 = \beta_{ok} \cdot (a_m - a_{om}), \text{ м} \quad (5)$$

где β_{ok} – коэффициент, учитывающий влияние устойчивости пролета кровли камер на величину приращения расчетной высоты МКЦ, $\beta_{ok} \leq 0,7$; a_m – максимальная ширина очистных камер, м; a_{om} – устойчивый пролет кровли камер устанавливается в соответствии с п. 1.9 Приложения 1 «Указаний...» [3], м; m_{ok} – суммарная мощность слоев, оставляемых в кровле камер, определяется, м:

- для камер пласта КрII – до почвы пласта КрI;
- для камер пласта АБ – до почвы пласта Б-В;
- для камер пласта В_с – $m_{ok} = 0$.

Значение мощности нарушенных пород в верхней части потолочины δ_{on} вследствие пучения почвы камер на верхнем пласте при отсутствии фактических данных принимается равным $\delta_{on} = 0,2$ м (п. 3.21.2. «Указаний...» [3]).

Следует отметить, что параметр Δm_0 , учитывающий природные и технологические условия выемки сильвинитовых пластов, по своей величине (особенно при малой величине устойчивого пролета кровли), может существенно превосходить суммарную мощность слоев, оставляемых в кровле камер.

Величина коэффициента β_{ok} , в зависимости от устойчивого пролета кровли камер, (a_{om}) определяется из выражения (п. 1.8.2. Приложения 1 «Указаний...» [3]):

$$\beta_{ok} = 0,7 \cdot [1 - \beta_{om} \cdot \sqrt{a_{om}}], \quad (6)$$

При отсутствии фактических данных в рассматриваемых горно-геологических условиях $\beta_{om} = 0,262$.

Достаточная мощность междупластовой потолочины выражается условием (п. 3.22. «Указаний...» [3]):

$$m_r \geq [m_{or}], \text{ м} \quad (7)$$

где m_r – расчетная мощность междупластовой потолочины, м; $[m_{or}]$ – допустимая мощность междупластовой потолочины, м.

Согласно п. 3.22.1. «Указаний...» [3] при отработке сильвинитовых пластов с максимальной шириной очистных камер на нижнем пласте $3,2 \text{ м} \leq a_m \leq 5,5 \text{ м}$ допустимая мощность междупластовой потолочины (для отдельной выемки пластов) составляет $[m_{or}] = 2,0 \text{ м}$.

При отработке сближенных сильвинитовых пластов расчетная мощность междупластья m_r может быть как больше, так и меньше допустимого значения $[m_{or}] = 2,0 \text{ м}$.

Рассмотрим случай отработки сильвинитовых пластов камерами шириной от 3,2 м до 5,5 м, когда расчетная мощность междупластовой потолочины имеет граничное значение, т.е. когда $m_r = 2,0 \text{ м}$, при этом примем, что мощность оставляемых в кровле коржей m_{ok} меньше параметра Δm_0 . В этом случае, согласно выражению (4), $\Delta m = \Delta m_0$, выражение (1) с учетом выражений (2-3) и п. 3.21.2. «Указаний...» [3] принимает вид, м:

$$m_{r1} = m_{nr} - \Delta m - \delta_{on} = m_n - \delta_k - \delta_n - \Delta m_0 - 0,2 = 2,0; \quad (8)$$

$$m_{r2} = m_{nr} - \Delta m - \delta_{on} = m_n - \delta_k + \delta_{nc} - \Delta m_0 - 0,2 = 2,0. \quad (9)$$

Подставляя в формулы (8-9) выражения (5-6), имеем, м:

$$\begin{aligned} m_{r1} &= m_n - \delta_k - \delta_n - \beta_{ok} \cdot (a_m - a_{om}) - 0,2 = \\ &= m_n - \delta_k - \delta_n - 0,7 \cdot [1 - \beta_{om} \cdot \sqrt{a_{om}}] \cdot (a_m - a_{om}) - 0,2 = 2,0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} m_{r2} &= m_n - \delta_k + \delta_{nc} - \beta_{ok} \cdot (a_m - a_{om}) - 0,2 = \\ &= m_n - \delta_k + \delta_{nc} - 0,7 \cdot [1 - \beta_{om} \cdot \sqrt{a_{om}}] \cdot (a_m - a_{om}) - 0,2 = 2,0 \end{aligned} \quad (11)$$

При использовании выражений (10-11) возможны следующие варианты:

1) если в выражения (10-11) подставить известное значение устойчивого пролета кровли камер (a_{om}) при отработке сильвинитовых пластов (табл. 1.2. Приложения 1 «Указаний...» [3]), значение средней мощности подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта (δ_k) и почве очистных камер верхнего пласта (δ_n), мощности оставляемых сильвинитовых пород в почве верхнего пласта (δ_{nc}), максимальное значение ширины камер в диапазоне $3,2 \text{ м} \leq a_m \leq 5,5 \text{ м}$, можно оценить, с учетом требований п. 3.22.1. «Указаний...» [3], минимально необходимую мощность междупластья ($m_{n \text{ min}}$), при которой возможна отдельная выемка сближенных сильвинитовых пластов;

2) если в выражения (10-11) подставить известное значение устойчивого пролета кровли камер (a_{om}) при отработке сильвинитовых пластов (табл. 1.2. Приложения 1 «Указаний...» [3]), прогнозное или реальное среднее значение мощности междупластья на рассматриваемом участке (m_n), значение средней мощности подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта (δ_k) и почве очистных камер верхнего пласта (δ_n), мощности оставляемых сильвинитовых пород в почве верхнего пласта (δ_{nc}), можно оценить максимальное значение ширины камер в диапазоне $3,2 \text{ м} \leq a_m \leq 5,5 \text{ м}$, при которой возможна отдельная выемка сближенных сильвинитовых пластов.

3) если в выражения (10-11) подставить максимальную ширину камеры в диапазоне $3,2 \text{ м} \leq a_m \leq 5,5 \text{ м}$, известное значение устойчивого пролета кровли камер (a_{om}) при отработке сильвинитовых пластов (табл. 1.2. Приложения 1 «Указаний...» [3]), геологическую мощность междупластья m_n , которая характеризуется недостаточной мощностью для раздельной отработки сближенных сильвинитовых пластов ($m_r < [m_{or}]$), можно определить мощность соляных пород, оставляемых в почве верхнего и кровле нижнего пласта или только в почве верхнего или только в кровле нижнего пласта для обеспечения раздельной выемки сближенных пластов $\Delta\delta$, м, компенсирующих недостаточную реальную геологическую мощность междупластья.

В табл. 1 показаны значения Δm_0 , рассчитанные при различных значениях a_{om} и a_m при $\beta_{om} = 0,262$, которые можно использовать при сравнении величин Δm_0 и m_{ok} в выражении (4) для проверки условия: $\Delta m_0 > m_{ok}$.

Необходимо отметить, что если $a_{om} \geq a_m$, то параметр Δm_0 , определяемый по формуле 5, обращается в 0 или принимает отрицательные значения, т.е. величина приращения высоты целиков, когда устойчивый пролет кровли камер равен или больше ширины камеры, будет равна $\Delta m_0 = 0$. Таким образом, при величине устойчивого пролета кровли камер, лежащего в диапазоне $a_{om} = 6,0-8,0 \text{ м}$, для камер шириной $3,2 \text{ м} \leq a_m \leq 5,5 \text{ м}$ значение параметра $\Delta m_0 = 0$ (в табл. 1 эти значения не показаны).

Таблица 1

Значения параметра Δm_0 при различных значениях максимальной ширины и устойчивого пролета кровли очистных камер

Максимальная ширина камеры a_m , м	Значения параметра Δm_0 , м					
	Устойчивый пролет кровли камер a_{om} , м					
	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
3,20	0,81	0,53	0,29	0,08	0,00	0,00
3,30	0,86	0,57	0,33	0,11	0,00	0,00
3,40	0,90	0,62	0,37	0,15	0,00	0,00
3,50	0,95	0,66	0,41	0,19	0,00	0,00
3,60	1,00	0,71	0,45	0,23	0,00	0,00
3,70	1,05	0,75	0,49	0,27	0,00	0,00
3,80	1,09	0,79	0,53	0,31	0,00	0,00
3,90	1,14	0,84	0,57	0,34	0,00	0,00
4,00	1,19	0,88	0,62	0,38	0,00	0,00
4,10	1,24	0,93	0,66	0,42	0,03	0,00
4,20	1,28	0,97	0,70	0,46	0,07	0,00
4,30	1,33	1,01	0,74	0,50	0,10	0,00
4,40	1,38	1,06	0,78	0,54	0,13	0,00
4,50	1,43	1,10	0,82	0,57	0,17	0,00
4,60	1,47	1,15	0,86	0,61	0,20	0,00
4,70	1,52	1,19	0,90	0,65	0,23	0,00
4,80	1,57	1,23	0,94	0,69	0,27	0,00
4,90	1,62	1,28	0,98	0,73	0,30	0,00
5,00	1,66	1,32	1,03	0,76	0,33	0,00
5,10	1,71	1,37	1,07	0,80	0,37	0,03
5,20	1,76	1,41	1,11	0,84	0,40	0,06
5,30	1,81	1,45	1,15	0,88	0,43	0,09
5,40	1,85	1,50	1,19	0,92	0,47	0,12
5,50	1,90	1,54	1,23	0,96	0,50	0,14

В табл. 2 указана минимальная мощность междупластья $m_{n\ min}$, м, допускающая отдельную выемку сближенных сильвинитовых пластов камерами шириной $3,2\text{ м} \leq a_m \leq 5,5\text{ м}$ при различных значениях устойчивого пролета кровли камер a_{om} , м (табл. 1.2. Приложения 1 «Указаний...» [3]) и суммарной мощности подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта и почве очистных камер верхнего пласта $\delta_k + \delta_n = 0$ или $\delta_k = \delta_n = 0$, а также разности мощностей оставляемых в почве камер верхнего пласта слоя сильвинитовых пород и подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта $\delta_{nc} - \delta_k = 0$ или $\delta_{nc} = \delta_k = 0$ при условии, что $\Delta m_0 > m_{ок}$.

Таблица 2

Минимальная мощность междупластья при отдельной выемке сближенных пластов

Максимальная ширина камеры a_m , м	Минимальная мощность междупластья $m_{n\ min}$, м, при значениях $(\delta_{nc} - \delta_k) = 0$ или $\delta_k = \delta_n = \delta_{nc} = \delta_k = 0$							
	Устойчивый пролет кровли камер a_{om} , м							
	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
3,20	3,01	2,73	2,49	2,28	2,20	2,20	2,20	2,20
3,30	3,06	2,77	2,53	2,31	2,20	2,20	2,20	2,20
3,40	3,10	2,82	2,57	2,35	2,20	2,20	2,20	2,20
3,50	3,15	2,86	2,61	2,39	2,20	2,20	2,20	2,20
3,60	3,20	2,91	2,65	2,43	2,20	2,20	2,20	2,20
3,70	3,25	2,95	2,69	2,47	2,20	2,20	2,20	2,20
3,80	3,29	2,99	2,73	2,51	2,20	2,20	2,20	2,20
3,90	3,34	3,04	2,77	2,54	2,20	2,20	2,20	2,20
4,00	3,39	3,08	2,82	2,58	2,20	2,20	2,20	2,20
4,10	3,44	3,13	2,86	2,62	2,23	2,20	2,20	2,20
4,20	3,48	3,17	2,90	2,66	2,27	2,20	2,20	2,20
4,30	3,53	3,21	2,94	2,70	2,30	2,20	2,20	2,20
4,40	3,58	3,26	2,98	2,74	2,33	2,20	2,20	2,20
4,50	3,63	3,30	3,02	2,77	2,37	2,20	2,20	2,20
4,60	3,67	3,35	3,06	2,81	2,40	2,20	2,20	2,20
4,70	3,72	3,39	3,10	2,85	2,43	2,20	2,20	2,20
4,80	3,77	3,43	3,14	2,89	2,47	2,20	2,20	2,20
4,90	3,82	3,48	3,18	2,93	2,50	2,20	2,20	2,20
5,00	3,86	3,52	3,23	2,96	2,53	2,20	2,20	2,20
5,10	3,91	3,57	3,27	3,00	2,57	2,23	2,20	2,20
5,20	3,96	3,61	3,31	3,04	2,60	2,26	2,20	2,20
5,30	4,01	3,65	3,35	3,08	2,63	2,29	2,20	2,20
5,40	4,05	3,70	3,39	3,12	2,67	2,32	2,20	2,20
5,50	4,10	3,74	3,43	3,16	2,70	2,34	2,20	2,20

На рис. 1 показан график, построенный по данным табл. 2.

Для оценки минимальной мощности междупластья $m_{n\ min}$, м, допускающей отдельную выемку сближенных сильвинитовых пластов камерами шириной $3,2\text{ м} \leq a_m \leq 5,5\text{ м}$ при других значениях подрубаемых пород в кровле и (или) почве, необходимо величину $(\delta_k + \delta_n)$, м прибавить к численному (табличному или взятому с графика на рис. 1) значению $m_{n\ min}$, м, при соответствующих значениях a_m , м, и a_{om} , м, при условии, что $\Delta m_0 > m_{ок}$.

Для оценки минимальной мощности междупластья $m_{n\ min}$, м, допускающей раздельную выемку сближенных сильвинитовых пластов камерами шириной $3,2\ м \leq a_m \leq 5,5\ м$ при подрубке в кровле нижнего пласта и оставлении слоя соляных пород в почве верхнего пласта при условии $\delta_k > \delta_{nc}$ необходимо величину $(\delta_k - \delta_{nc})$, м, прибавить к численному (табличному или взятому с графика на рис.1) значению $m_{n\ min}$, м, при соответствующих значениях a_m , м, и a_{om} , м, при условии, что $\Delta m_0 > m_{ok}$.

Для оценки минимальной мощности междупластья $m_{n\ min}$, м, допускающей раздельную выемку сближенных сильвинитовых пластов камерами шириной $3,2\ м \leq a_m \leq 5,5\ м$ при оставлении слоя соляных пород в почве верхнего пласта и подрубке в кровле нижнего пласта при условии $\delta_{nc} > \delta_k$ необходимо величину $(\delta_{nc} - \delta_k)$, м, вычесть из численного (табличного или взятого с графика на рис.1) значения $m_{n\ min}$, м, при соответствующих значениях a_m , м, и a_{om} , м, при условии, что $\Delta m_0 > m_{ok}$.

Для оценки минимальной мощности междупластья $m_{n\ min}$, м, допускающей раздельную выемку сближенных сильвинитовых пластов камерами шириной $3,2\ м \leq a_m \leq 5,5\ м$ при оставлении слоя соляных пород в почве верхнего пласта и в кровле нижнего пласта необходимо величину $(\delta_{nc} + \delta_k)$, м, (или только в кровле нижнего пласта, или только в почве верхнего пласта) вычесть из численного (табличного или взятого с графика на рис.1) значения $m_{n\ min}$, м, при соответствующих значениях a_m , м, и a_{om} , м, при условии, что $\Delta m_0 > m_{ok}$.

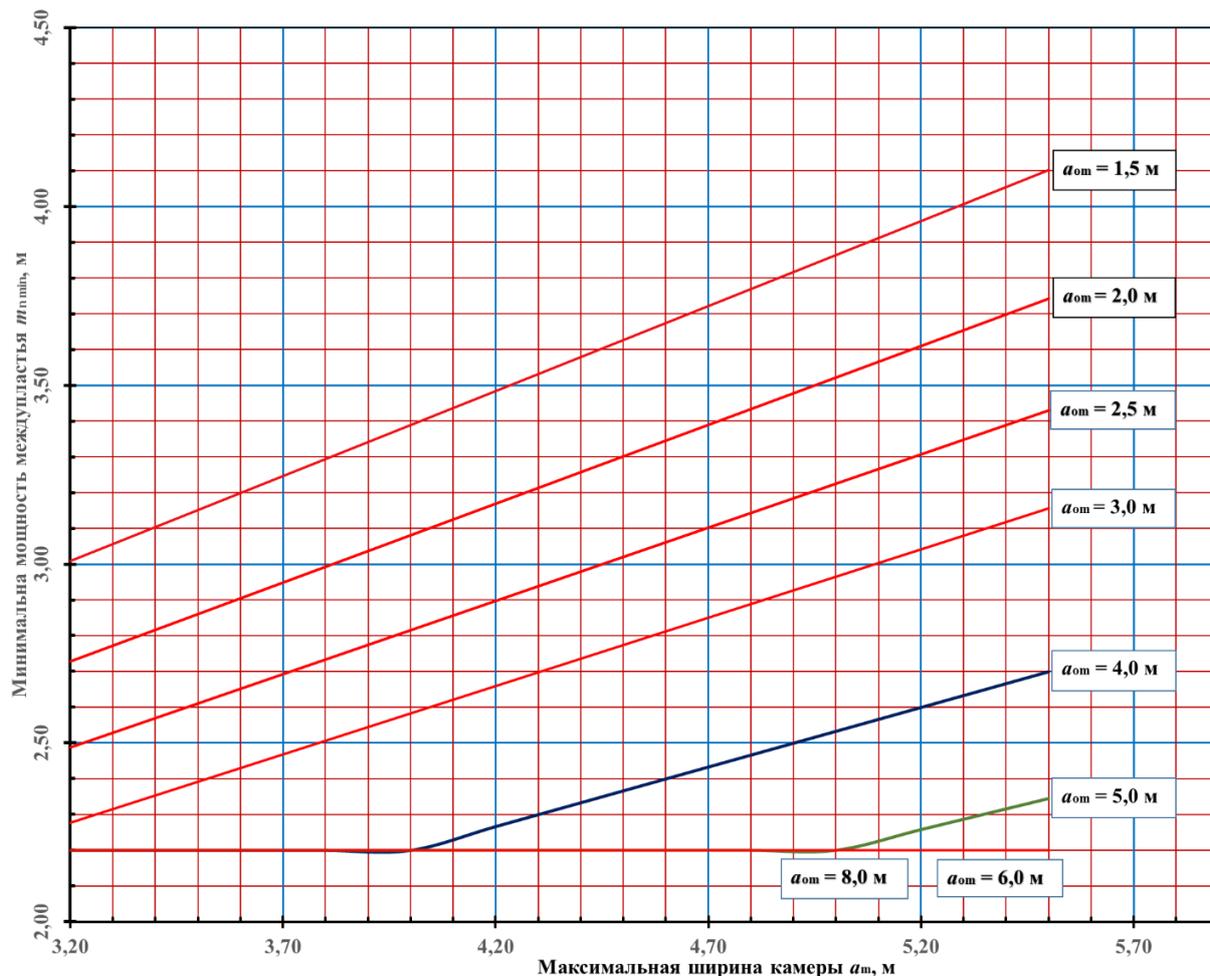


Рис. 1. График для оценки условий раздельной выемки сближенных сильвинитовых пластов

На рис. 2 показан алгоритм оценки условий отработки сближенных сильвинитовых пластов с учетом максимальной ширины и величины устойчивого пролета кровли очистных камер, геологической мощности междупластья.

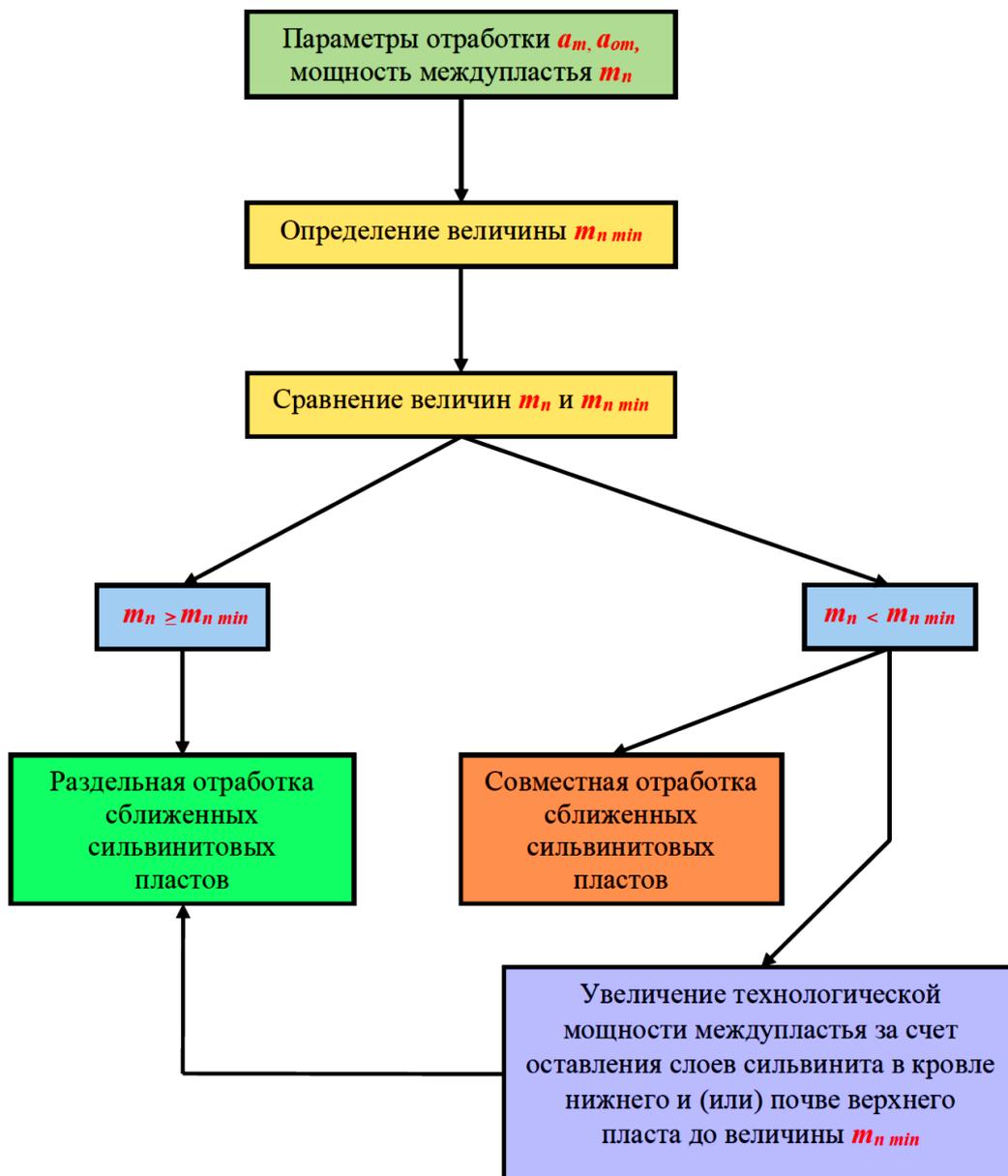


Рис. 2. Алгоритм оценки условий отработки сближенных сильвинитовых пластов

Порядок оценки условий выемки сближенных сильвинитовых пластов с использованием указанного алгоритма следующий:

1) необходимо проверить, чтобы максимальная ширина очистных камер находилась в диапазоне $3,2 \text{ м} \leq a_m \leq 5,5 \text{ м}$, при этом мощность оставляемых в кровле коржей $t_{ок}$, м, должна быть меньше параметра $\Delta t_{0,м}$: $t_{ок} < \Delta t_0$. Для проверки можно использовать табл. 1, в которой указаны расчетные значения параметра Δt_0 , м, в зависимости от максимальной ширины камеры a_m , м, и величины устойчивого пролета кровли камер $a_{ом}$, м;

2) по табл. 2 или по графику на рис 1, с учетом исходных данных a_m , м, и $a_{ом}$, м, определяется минимальная мощность междупластья $m_n \text{ min}$, м, допускающая раздельную выемку сближенных пластов;

3) производится сравнение величины реальной геологической мощности междупластья m_n , м, и значения минимальной мощности междупластья $m_{n \min}$, м, допускающей раздельную выемку сближенных пластов при заданных условиях;

4) если величина реального геологического междупластья m_n , м, не меньше (табличного или графического) значения минимальной мощности междупластья $m_{n \min}$, м, т.е. $m_n \geq m_{n \min}$, то тогда сближенные пласты можно разрабатывать раздельно с соблюдением требований «Указаний...» [3] для раздельной выемки сближенных пластов;

5) если величина реального геологического междупластья m_n , м, меньше табличного значения минимальной мощности междупластья $m_{n \min}$, м, т.е. $m_n < m_{n \min}$, то тогда возможны следующие варианты:

5.1) сближенные сильвинитовые пласты нужно разрабатывать совместно с соблюдением требований «Указаний...» [3] для совместной выемки сближенных пластов;

5.2) мощность технологического междупластья между сближенными пластами можно увеличить до табличного значения $m_{n \min}$, м, путем оставления в почве верхнего или кровле нижнего, или суммарно в почве верхнего и кровле нижнего отработываемых сближенных пластов слоя соляных пород мощностью $\Delta\delta = m_{n \min} - m_n$, м, что позволяет отрабатывать сближенные сильвинитовые пласты раздельно, при этом соблюдая все требования «Указаний...» [3] для раздельной выемки пластов.

При трехпластовой выемке проверку мощности междупластья сближенных сильвинитовых пластов нужно проводить для обоих междупластий.

Приведенные в табл. 2 и на графике (рис. 1) расчетные значения позволяют при оценке условий отработки сближенных пластов решать следующие задачи.

1. Определить минимальную мощность междупластья, допускающую раздельную отработку сближенных сильвинитовых пластов при следующих условиях:

- максимальная ширина камеры $a_m = 4,4$ м;
- устойчивый пролет кровли $a_{om} = 2,0$ м;
- суммарная мощность подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта и почве очистных камер верхнего пласта составляет: $\delta_k + \delta_n = 0,4$ м.

При указанных значениях $a_m = 4,4$ м и $a_{om} = 2,0$ м без подрубки пород в кровле и почве табличное значение (или с графика на рис. 1) составляет $m_{n \min} = 3,26$ м. С учетом величины $(\delta_k + \delta_n)$ искомое значение минимальной мощности междупластья для раздельной выемки равно: $m_{n \min} = 3,26 \text{ м} + 0,4 \text{ м} = 3,66$ м.

2. Определить максимальную ширину камер, при которой возможна раздельная выемка сближенных сильвинитовых пластов при следующих условиях:

- геологическая мощность междупластья $m_n = 2,94$ м;
- устойчивый пролет кровли $a_{om} = 3,0$ м;
- суммарная мощность подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта и почве очистных камер верхнего пласта составляет: $\delta_k + \delta_n = 0,2$ м.

С учетом мощности подрубаемых пород в кровле и почве очистных камер мощность технологического междупластья составит: $m_{n \text{техн.}} = m_n - 0,2 \text{ м} = 2,94 - 0,2 \text{ м} = 2,74$ м.

В табл. 2 (или с графика на рис. 1) находим, что при $a_{om} = 3,0$ м и $m_{n \min} = 2,74$ м, значение $a_m = 4,4$ м.

3. Определить мощность оставляемых в почве верхнего пласта (в почве верхнего и кровле нижнего пласта, кровле нижнего пласта) для обеспечения условий раздельной выемки сближенных пластов при следующих условиях:

- максимальная ширина камеры $a_m = 3,2$ м;
- устойчивый пролет кровли $a_{om} = 1,5$ м;
- геологическая мощность междупластья $m_n = 2,0$ м.

Из табл. 2 (или с графика на рис.1) следует, что при $a_m = 3,2$ м и $a_{om} = 1,5$ м минимальная мощность междупластья должна составлять $m_{n \min} = 3,01$ м, т.е. $m_n < m_{n \min}$.

Таким образом, мощность соляных пород, оставляемых в почве верхнего и кровле нижнего пласта, или только в почве верхнего, или только в кровле нижнего пласта для обеспечения раздельной выемки сближенных пластов, составит:

$$\Delta\delta = m_{n\ min} - m_n = 3,01\ \text{м} - 2,0 = 1,01\ \text{м}.$$

Выводы

Представленный в работе алгоритм (рис. 2) позволяет оценить условия отработки сближенных сильвинитовых пластов на стадии проектирования параметров очистной выемки при ширине камер $3,2\ \text{м} \leq a_m \leq 5,5\ \text{м}$. Расчетные данные табл. 2 и график на рис. 1 могут быть использованы при решении следующих задач:

1) определить минимальную мощность междупластья $m_{n\ min}$, м, допускающую раздельную отработку сближенных сильвинитовых пластов при указанных значениях максимальной ширины камеры a_m , м, устойчивого пролета кровли a_{om} , м, суммарной мощности подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта и почве очистных камер верхнего пласта ($\delta_k + \delta_n$), м;

2) найти максимальную ширину камер, при которой возможна раздельная выемка сближенных сильвинитовых пластов при указанных значениях геологической мощности междупластья m_n , м, устойчивого пролета кровли a_{om} , м, суммарной мощности подрубаемых пород в кровле очистных камер нижнего пласта и почве очистных камер верхнего пласта ($\delta_k + \delta_n$), м;

3) определить мощность $\Delta\delta$, м, оставляемых в почве верхнего пласта (в почве верхнего и кровле нижнего пласта, кровле нижнего пласта) для обеспечения условий раздельной выемки сближенных пластов при заданных значениях максимальной ширины камеры a_m , м, устойчивого пролета кровли a_{om} , м, геологической мощности междупластья m_n , м, (при $m_n < m_{n\ min}$);

4) при выемке трех сближенных сильвинитовых пластов, согласно действующим «Указаниям...» [3], возможны два варианта:

а) при достаточной мощности междупластий раздельная отработка может осуществляться при условии закладки очистных камер, как минимум, по одному пласту со степенью заполнения $A \geq 0,8$ (п. 3.28 «Указаний...» [3]). Для примера на рис. 3 показана раздельная выемка трех сильвинитовых пластов АБ, КрII и КрIII при условии достаточной мощности междупластья между пластами АБ и КрII, а также КрII и КрIII (здесь и далее по тексту рассматривается суммарная мощность всех пластов от почвы камер верхнего пласта до кровли камер нижнего пласта).

б) при недостаточной мощности междупластья между двумя из трех обрабатываемых пластов (если необходимость закладки установлена расчетами с учетом требований безопасной подработки ВЗТ), закладка со степенью заполнения $A \geq 0,8$ выполняется либо на нижнем отдельно обрабатываемом пласте, либо на двух нижних совместно обрабатываемых пластах (п. 3.29 «Указаний...» [3]). Согласно п. 3.22.5. «Указаний...» [3], при недостаточной мощности междупластья, характеризуемой расчетной мощностью междупластовой потолочины $m_r < [m_{or}]$, параметры системы отработки двух сближенных пластов определяются при значении вынимаемой мощности m_o , м, равной расчетной мощности выработанного пространства при отработке двух пластов M_o , м. Для примера на рис. 4 показана схема выемки трех сильвинитовых пластов АБ, КрII и КрIII, при этом, междупластье между пластами АБ и КрII имеет достаточную мощность для раздельной выемки этих пластов, а междупластье между пластами КрII и КрIII имеет мощность, недостаточную для раздельной выемки этих пластов.

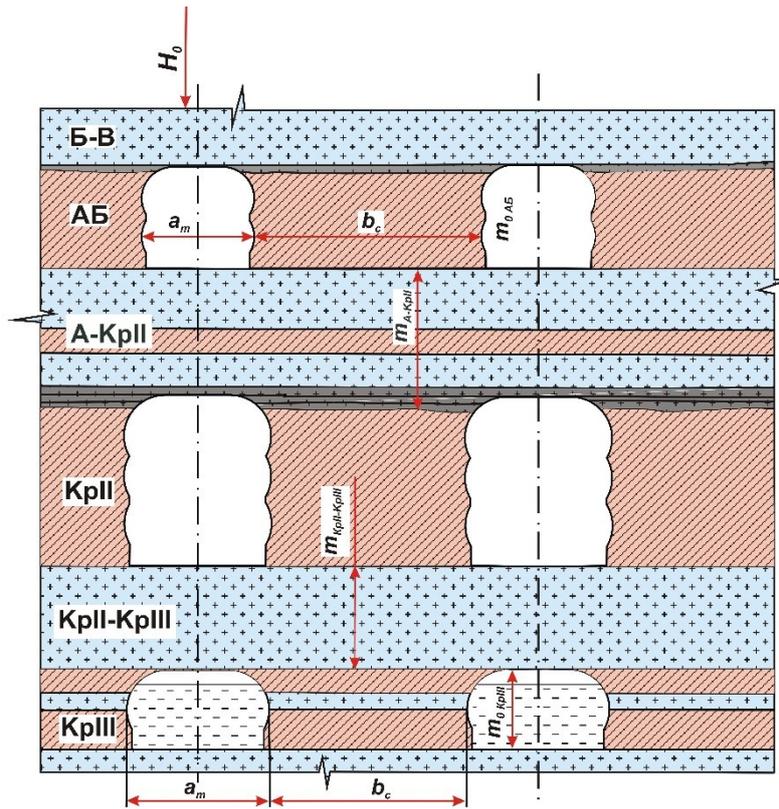


Рис. 3. Схема отработки трех сильвинитовых пластов при достаточной мощности междупластья А-КрII и КрII-КрIII для раздельной выемки

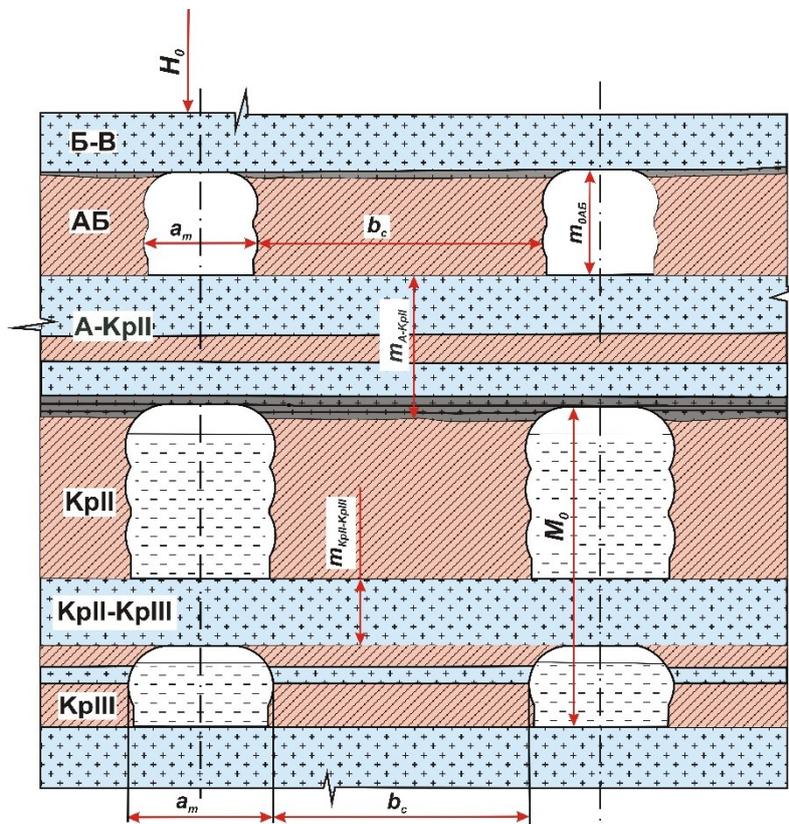


Рис. 4. Схема отработки сильвинитовых пластов при достаточной мощности междупластья А-КрII и недостаточной мощности междупластья КрII-КрIII для раздельной выемки

При проектировании очистных работ с учетом рассмотренных требований действующих «Указаний...» [3] и расчетных данных табл. 1-2, графика на рис. 1 можно сравнить потери полезного ископаемого и себестоимость добычи при варианте (а) и варианте (б), а также при переводе варианта (б) в вариант (а) путем увеличения расчетной мощности технологической междупластовой потолочины до допустимого значения ($m_r \geq [m_{or}]$) за счет оставления в кровле нижнего и (или) почве верхнего пластов слоя соляных пород необходимой мощности (т.е. компенсировать недостаточную мощность междупластья m_n).

Сравнивая потери сильвинита в «высоких» (а, следовательно, и более «широких») междукамерных целиках при недостаточной мощности междупластья и потери при оставлении слоев сильвинита в кровле и (или) почве с учетом стоимости закладочных работ, можно на стадии проектирования определить оптимальных вариант выемки трех сближенных сильвинитовых пластов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ в рамках государственного задания (рег. номер НИОКТР: 124020500031-4).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аникин В.В., Жихарев С.Я. Оценка технологических условий выемки трех сближенных сильвинитовых пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 1. – С.15-19.
2. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей: технолог. регламент / ВНИИГ. – СПб., 2008. – 88 с.
3. Указания (мероприятия) по защите рудников ПАО «Уралкалий» от затопления и охране объектов на земной поверхности от вредного влияния подземных разработок на Верхнекамском месторождении солей. Ч. 1. Основные положения: утв. ПАО «Уралкалий». – Пермь, Березники, 2022 г. – 117 с.