

УДК 622.283.76

*Р.Г. Минзарипов***ПРИМЕНЕНИЕ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТ СУБРА**

Семинар № 8

Шахтами акционерного общества «Севуралбокситруда» разрабатываются четыре месторождения бокситов: Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское и Черемуховское. Месторождения простираются на север от г. Североуральска на 30 км и разделы между собой крупноамплитудными тектоническими нарушениями субширотного, реже субмеридионального простирания, которые, в свою очередь, являются естественными границами шахтных полей.

Геологическая характеристика месторождений

В геологическом строении месторождений принимают участие образования верхнего силура и девона. Рудная пластообразная залежь и вмещающие породы имеют меридиональное простирание и моноклиальное восточное падение под углом 25-30°. Рудный пласт имеет выдержанный прямолинейный контакт с породами всячего бока. Мощность боксита колеблется от непромышленной (1,0-1,5 м) до 30 м и более при средней по месторождениям около 5 метров. Рудное тело в вертикальном разрезе представлено в верхней части прочным пестроцветным бокситом, ниже – красными маркими, немаркими и яшмовидными рудами. Контакт бокситов и известняков лежачего бока крайне неровный, волнистый, закарстованный.

Наличие участков непромышленной мощности безрудных зон, придающих структуре рудных полей прерывистый характер, резкое изменение мощности пла-

ста – характерная особенность месторождений.

Непосредственно покрывающие рудную залежь породы представлены темно- и светло-серыми битуминозными, слоистыми амфипоровыми известняками или черными и серыми известково-глинистыми или углисто-глинистыми сланцами. Выше по разрезу залегают светло-серые и розовые кристаллические рифогенные известняки с прослоями глинистых сланцев.

Подстилающие залежь породы Петропавловской свиты светло-серые, светло-розовые, серые трещиноватые рифогенные массивные известняки. Нижняя толща представлена порфиритами, туфобрекчиями, туфопесчаниками и туфоконгломератами.

В регионе широко развиты дизъюнктивные нарушения. Вся площадь месторождений разбита на геологические блоки крупными дорудными нарушениями с амплитудой смещения от 100 до 400 м. На стадии геологоразведочных работ выявлено более 240 пострудных тектонических нарушений, а при проведении выработок подсекается примерно в три раза больше дизъюнктивов с амплитудой смещения крыльев от десятков метров до нескольких сантиметров. При эксплуатации месторождений вскрыто 34 активных дизъюнктива, которые характеризуются большим качеством сейсмоявлений с подвижками массива по плоскостям ослаблений, наличием повышенных концентраций напряжения в выработках и проявлениями гор-

ных ударов при ведении горных работ в зоне их влияния.

Все вмещающие рудную залежь породы, кроме сланцев, а также руды, кроме боксита красного маркового, склонны к накоплению потенциальной энергии, хрупкому разрушению и относятся к удароопасным. Склонность к динамическому разрушению у пород и руд разная и зависит от прочностных характеристик и структурно-текстурных особенностей.

В регионе месторождений действует неравнокомпонентное сжимающее поле напряжений. Максимальное главное нормальное напряжение σ_1 ориентировано в субширотном направлении с отклонением $\pm 25^\circ$ от горизонтальной плоскости и превышает γH до 2 раз. Главное напряжение σ_2 близко к вертикальному и имеет промежуточное значение. Минимальное напряжение σ_3 ориентировано в субмеридиональном направлении с отклонением от горизонтальной плоскости $\pm 25^\circ$. Среднее соотношение напряжений по месторождениям $\sigma_1: \sigma_2: \sigma_3 = 1,0:0,7:0,6$.

Основные горно-геологические параметры, определяющие выбор систем разработки Североуральских бокситовых месторождений:

- глубина горных работ;
- угол наклона рудных залежей;
- устойчивость пород непосредственной кровли;
- мощность рудного тела;
- тектоническая нарушенность массива;
- геомеханическое состояние руд и вмещающих пород;
- склонность пород к самовозгоранию;
- остаточные напоры подземных вод и зоны локальных карстовых систем.

Разнообразие и сложность горно-геологических условий предопределили применение систем разработки различных классов: с открытым выработанным про-

странством; с обрушением толщи покрывающих пород.

Для отработки рудных тел применяются следующие системы разработки:

- система слоевого обрушения (ССО);
- камерно-столбовая система (КСС);
- этажно-камерная система (ЭКСР);
- столбовая система с однослойной выемкой и креплением (ССР).

Добыча боксита ведется, в основном, двумя системами разработки: камерно-столбовой (50-52 %), на некоторых шахтах до 80 % и системой слоевого обрушения 30-32 %. Около 10-15 % добычи производится этажно-камерной системой разработки с выпуском руды на полевые подготовительные выработки без присутствия людей в открытом очистном пространстве.

Условия применения камерно-столбовой системы разработки

- Угол падения рудного тела 35° , участками до 45° .
- Средняя нормальная выемочная мощность 6 м, участками до 8,5 м при наличии оборочного полка.
- Класс пород кровли по устойчивости I-IV (по классификации, принятой на СУБРе).
- Устойчивость руд любая, кроме яшмовидного боксита ориентированной трещиноватости – III₂ класса (по классификации, принятой на СУБРе).
- Осушение подзоны взаимосвязанных карстовых систем.
- Сохранение водоупорных свойств покрывающих пород при их наличии.

Отработка рудных залежей ведется в исходящем порядке со средним понижением фронта очистных работ 20-25 м в год. Очистные работы ведутся на глубине 700-1000 м.

Неравномерное понижение фронта очистных работ, оформление целиков различных размеров, работы встречными забоями и на передовые выработки, повышенная изрезанность массива, влияние отработанного пространства создают зоны

повышенной концентрации напряжений и в совокупности с геологическими факторами ухудшают геомеханическую обстановку, способствуют проявлению горных ударов. Наибольшее проявление горных ударов зарегистрировано при ведении очистных работ камерно-столбовой системой разработки.

В зависимости от геологических условий, независимо от глубины разработки удароопасность месторождений и их отдельных участков разная. В благоприятных геологических условиях, на участках без динамических явлений можно применять производительную камерно-столбовую систему с параметрами, рассчитанными для современных глубин разработки.

На участках со сложными геологическими условиями, обуславливающими повышенный динамический режим и удароопасность горных выработок предпочтительно применять системы разработки, наиболее удовлетворяющие удароопасным условиям месторождений: слоевое обрушение и этажно-камерную систему разработки. Такие участки составляют до 60 % от общей площади шахтных полей.

Учитывая, что необходимыми геологическими условиями для применения систем с обрушением является наличие больших площадей оруденения первого типа со значительной нормальной мощностью рудного тела более 8 м, что в условиях больших глубин для условий СУБРа является 20-25% от общей площади, а также низкой производительностью на ССО и использованием дорогостоящего импортного самоходного оборудования на ЭКСР, более широкое применение этих систем нерентабельно в условиях СУБРа, поэтому отрабатывать такие участки камерно-столбовой системой необходимо с выполнением специальных профилактических мероприятий по снижению отрицательного воздействия удароопасных условий. Для этого на СУБРе проводятся исследования параметров эффективных сис-

тем разработки с открытым выработанным пространством, обеспечивающие безопасное ведение горных работ с учетом динамической активности и удароопасности массива. Институтом ВНИМИ, выполнена работа «Оценка безопасных условий применения камерно-столбовой системы разработки (КССР) при отработке удароопасных бокситовых месторождений Североуральска на современных глубинах и разработка рекомендаций по параметрам КССР для глубин 1000 м и более». Институтом «СУБР-проект» выполнена работа «Обоснование применения систем разработки на глубоких горизонтах шахт СУБРа».

На основании этих работ, на предприятии введено в действие «Руководство по выбору конструктивных параметров КССР на шахтах ОАО «Севералбокситруда», отрабатывающих месторождения с глубиной 1000 м и более». На стадии завершения разрабатывается «Технический проект на камерно-столбовую систему разработки», который будет введен в действие в I квартале 2005 г.

Технико-экономические показатели КССР

Общая отработка блока камерно-столбовой системой разработки ведется сверху вниз, выемка панелей – от флангов к центру. Панели отрабатываются камерами шириной 4-5,5 м в зависимости от устойчивости кровли. Породы кровли поддерживаются целиками с размером сторон от 3 до 6,5 м. Кровля очистных выработок закрепляется сталеполимерными штангами $l = 1,8$ м по паспортам, разработанным для условий устойчивости слоистой кровли. В центре сопряжений выработок устанавливается усиленная железобетонная штанговая крепь типа «подвеска» или «гребенка» $l = 3,5$ м. Параметры обнажения кровли и размеры опорных целиков рассчитываются с учетом геологических условий, глубины горных работ, физико-механических свойств руды и вмещающих пород. Удельный вес КССР в общем, объ-

еме добычи превышает 50 %, потери руды при этом колеблются от 18 до 20 %, разубоживание достигает 7 %. Крупным недостатком КССР является подверженность горным ударам ($K_{уд} = 0,38$). Производительность системы – 6,0-6,8 м³/чел-см., трудоемкость – 1,16 час/м³, безопасность (количество несчастных случаев на 100 тыс. т добычи) – 0,8.

Результаты расчета напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов при камерно-столбовой системе разработки

На больших глубинах, когда обрушение налегающей толщи пород не выходит на поверхность при расчетах параметров систем разработки принимается вес пород в свде естественного равновесия (свод давления).

Безопасное применение КСС на глубоких горизонтах при статическом нагружении возможно при условии, если фактическая нагрузка на целики P_f будет меньше предельной $P_{пр}$, которую он может выдерживать. Расчеты производились для глубины 1200 м для представленных типов руд, при разных пролетах очистного пространства, с учетом ослабляющих коэффициентов.

По исследованиям ВНИМИ при работе в запредельном режиме деформирования запас прочности поддерживающих целиков должен быть в пределах 1,2-1,7. Расчеты показывают, что для глубины 1200 м междукамерные целики удовлетворяют этим условиям. Запас прочности целиков, представленных красным марким бокситом, высотой 8 м при статическом нагружении составляет 1,22, а при боксите красном немарком достигает 2,1. Прочность целиков из яшмовидного боксита мощностью 4 м имеет почти пятикратный запас.

Для того чтобы сохранить указанный запас прочности для целиков в условиях дополнительной пригрузки от волны дав-

ления, распространяющейся от очага сейсмического явления, необходимо увеличить размер опорного междукамерного целика на величину дополнительного приращения целика.

Переход рудного массива в предельное и запредельное состояние происходит тогда, когда максимальные полные нормальные напряжения $\sigma_n^{пол}$, действующие на элемент системы, превышают его прочность на сжатие σ_c^* . Это условие можно выразить как

$$\sigma_{сж}^M : \sigma_n^{пол} \leq 1.$$

Напряжения, действующие в краевой части массива при развитии очистных работ в залежи различной мощности сложенной разными типами бокситов представлены в табл. 1-3.

Напряжения, формирующиеся в краевой части массива (в зоне опорного давления) при развитии очистных работ КССР значительно превышают его прочность на одноосное сжатие: в 1,75-5,3 раза при боксите красном марком, до 3 раз в залежи сложенной красным немарким каменистым бокситом и от 1,6 до 3,2 раза при яшмовидном боксите. Краевая часть пласта (в пределах от 2 до 5 м в зависимости от прочности боксита) деформируется в запредельном режиме, имеет остаточную прочность, примерно, равную $\sigma_n^{ост} = 0,1 \sigma_{сж}^M$ и является неудороопасной. При отработке участков мощностью до 10 м, представленных бокситом красным немарким при ведении горных работ во второй панели возникает удароопасная ситуация, когда массив переходит из допредельного состояния в запредельное.

Распределение напряжений в панельном целике при развитии очистных работ в различных режимах нагружения для разных типов бокситов представлено в табл. 4-5.

Таблица 1
 Режим нагружения краевой части залежи, представленной
 бокситом красным немарким каменистым

Пролет вырабо- танного простран- ства, м	Расстояние Х до тах опорного давления, м	Сжимающие напряжения в краевой части залежи, МПа		Режим нагружения краевой части залежи	
		в зоне тах опорного давления σ_H^{\max}	Нормаль- ные полные $\sigma_H^{\text{пол}}$	Критерий $\sigma_{сж}^M : \sigma_H^{\text{пол}} \leq 1$	Режим
Вынимаемая мощность залежи 4 м					
20	1,95	150	80	0,68	Запредельный Неудароопасное состояние Работает в режи- ме остат. прочн.
40	2,9	186	115	0,47	
60	3,55	210	140	0,39	
80	3,88	220	150	0,36	
100	4,2	237	166	0,33	
Вынимаемая мощность залежи 8 м					
20	2,7	128	57	0,96	Запредельный В режиме остаточной прочности
40	3,96	152	81	0,67	
60	4,9	170	99	0,55	
80	5,73	185	115	0,47	
100	6,35	197	126	0,43	
Вынимаемая мощность залежи 10 м					
20	2,98	122	51	1,07	Допредельный Запредельный Неудароопасное состояние
40	4,37	143	72	0,76	
60	5,46	160	89	0,61	
80	6,37	173	102	0,54	
100	7,1	185	114	0,48	

В панельном целике формируется два максимума опорного давления, причем уровень напряжений тем выше, чем прочнее целик.

Уровень нагружения целика значительно превышает предел прочности материала: при боксите красном марком - в 3-6 раз, при немарком боксите - в 2-3 раза и яшмовидном - в 2-3,6 раза. Целик работает в запредельном режиме, поэтому при его ширине, незначительно превышающей размер междукамерного целика, он не склонен к накоплению потенциальной энергии и находится в неудароопасном состоянии.

Так как $\sigma_H^{\text{пол}} \gg \sigma_{сж}^M$, то опорный целик будет оформляться в условиях запредельного деформирования. Поэтому ис-

тинный модуль упругости руды $E_p^{\text{ост}}$

принимается равным $\frac{1}{20}$ модуля упруго-

сти, полученного при испытаниях образцов в лаборатории СУБРа.

Расчет напряжений для представительных типов руды при развитии очистных работ с учетом вынимаемой мощности залежи представлен в табл. 6.

При ведении горных работ на современных глубинах междукамерные опорные целики работают в условиях запредельных деформаций и обладают несущей способностью на уровне остаточной прочности.

Критерием устойчивого состояния опорных междукамерных целиков является условие, когда нормальные

Таблица 2
**Режим нагружения краевой части залежи,
представленной бокситом красным марким**

Пролет выработанного пространства, м	Расстояние X до тах опорного давления, м	Сжимающие напряжения в краевой части залежи, МПа		Режим нагружения краевой части залежи	
		в зоне тах опорного давления σ_H^{\max}	Нормальные полные $\sigma_H^{\text{пол}}$	Критерий $\sigma_{\text{сж}}^M : \sigma_H^{\text{пол}} \leq 1$	Режим (примечания)
	Вынимаемая мощность залежи 4 м				
20	3,33	84	54,7	0,41	З а п р е - д е л ь - н ы й Н е у д а р о - о п а с н о е с о с т о я н и е
40	4,73	105	76,3	0,3	
60	5,8	122	93,5	0,24	
80	6,6	135	106	0,21	
100	7,36	146	118,2	0,19	
	Отрабатываемая мощность залежи 8 м				
20	5,05	71	42	0,54	Н е у д а р о - о п а с н о е с о с т о я н и е
40	6,64	83	54,5	0,41	
60	8,17	95	66,5	0,34	
80	9,36	105	76	0,3	
100	10,6	115	85,7	0,26	
	Мощность залежи до 10 м				
20	5,9	68	39,4	0,57	Н е у д а р о - о п а с н о е с о с т о я н и е
40	7,5	78	49,5	0,45	
60	9,1	88	59	0,38	
80	10,5	97	68	0,33	
100	11,82	105,9	76,5	0,29	

Таблица 3
**Режим нагружения краевой части залежи,
представленной ишмовидным бокситом**

Пролет выработанного пространства, м	Расстояние X до тах опорного давления, м	Сжимающие напряжения в краевой части залежи, МПа		Режим нагружения краевой части залежи	
		в зоне тах опорного давления σ_H^{\max}	Нормальные полные $\sigma_H^{\text{пол}}$	Критерий $\sigma_{\text{сж}}^M : \sigma_H^{\text{пол}} \leq 1$	Режим (примечания)
	Вынимаемая мощность залежи 4 м				
20	2,15	152,5	84	0,63	З а п р е д е л ь н ы й Н е у д а р о о п а с н о е с о с т о я н и е
40	3,05	183,5	117	0,45	
60	3,65	207,6	139	0,38	
80	4,1	220,5	155	0,34	
100	4,5	236	170	0,31	

остаточные фактические напряжения, действующие на целики в зоне ведения

Таблица 4
*Распределение напряжений в панельном целике
при развитии очистных работ
(боксит красный немаркий каменистый)*

Пролет отра- бот. про- стран- ства, м	Нормальные сжимающие напряжения в максимуме опорного давления, МПа							
	При статическом нагружении				При динамическом нагружении			
	Западная стенка		Восточная стенка		Западная стенка		Восточная стен- ка	
	X, м	σ_M^3 , МПа	X, м	σ_M^e , МПа	X, м	σ_M^3 , МПа	X, м	σ_M^e , МПа
20	2,16	115,4	0,8	105,5	2,2	118,0	0,73	104,1
40	3,16	135,0	1,03	112,1	3,12	136,6	0,91	110,8
60	3,87	150,2	1,15	118,3	3,9	152,5	1,04	115,2
80	4,49	160,5	1,23	122,4	4,48	162,4	1,13	119,5
100	5,03	172,5	1,32	126,8	5,01	173,0	1,22	123,0

Таблица 5
*Распределение напряжений в панельном целике,
представленном красным марким и яшмовидным бокситами*

Пролет отраб. про- стран- ства, м	Нормальные сжимающие напряжения в максимуме опорного давления, МПа							
	При статическом нагружении				При динамическом нагружении			
	Западная стенка		Восточная стенка		Западная стенка		Восточная стен- ка	
	X, м	σ_M^3 , МПа	X, м	σ_M^e , МПа	X, м	σ_M^3 , МПа	X, м	σ_M^e , МПа
20	Боксит красный маркий							
	6,0	78,7	2,4	69,3	6,2	79,9	2,3	66,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	8,4	97,8	2,9	77,6	8,4	97,3	2,7	73,4
60	9,9	109,4	3,3	83,2	10	110,2	3,0	78,1
80	11,4	121,2	3,4	85,3	11,3	120,4	3,2	81,5
100	12,6	129,0	3,6	87,7	12,4	128	3,4	84
	Боксит яшмовидный							
20	1,45	126,8	0,9	106,5	1,43	126	0,97	109
40	2,0	146	1,1	112	1,98	146,2	1,15	115
60	2,4	159	1,1	113,9	2,45	163,5	1,19	1,17
80	2,7	173,5	1,14	115,4	2,83	177,5	1,23	118
100	3,1	185,6	1,18	116,8	3,14	188	1,27	120

работ, не превышают остаточные предельные напряжения. Это условие выражается

$$\sigma_{ост}^{np} / \sigma_{ост}^{\phi} \geq 1$$

Расчеты остаточных предельных напряжений, которые может выдерживать опорный целик в запредельном режиме деформирования представлены в табл. 7, а

Таблица 6
**Напряжения в междуканальных целиках
 в рабочей зоне**

Пролет выработанного пространства, м	Напряжения в опорных междуканальных целиках, МПа					
	При статическом нагружении			При динамическом нагружении		
	m = 4 м	m = 8 м	m = 10 м	m = 4 м	m = 8 м	m = 10 м
боксит красный немаркий каменистый						
20	3,7	1,94	1,27	3,62	1,93	1,57
40	5,8	3,11	2,54	5,77	3,13	2,56
60	7,32	3,94	3,22	7,31	3,99	3,26
80	8,58	4,63	3,8	8,58	4,7	3,84
100	9,7	5,23	4,26	9,68	5,3	4,34
Боксит яшмовидный						
20	3,86	-	-	3,79	-	-
40	6,09	-	-	6,05	-	-
60	7,7	-	-	7,67	-	-
80	9,02	-	-	9,0	-	-
100	10,19	-	-	10,16	-	-
Боксит красный маркий						
20	2,32	1,18	0,95	2,29	1,16	0,93
40	3,95	2,16	1,77	3,94	2,16	1,78
60	5,15	2,88	2,38	5,16	2,89	2,39
80	6,16	3,49	2,89	6,17	3,51	2,91
100	7,09	4,03	3,36	7,1	4,05	3,38

Таблица 7
Остаточная несущая способность МКЦ

Тип боксита	Остаточные напряжения, МПа					
	Статическое нагружение			Динамическое нагружение		
	m = 4 м	m = 8 м	m = 10 м	m = 4 м	m = 8 м	m = 10 м
Боксит красный маркий	2,5	1,65	1,24	3,45	2,05	1,61
Боксит красный немаркий каменистый	6,65	3,51	2,42	9,17	4,42	3,06
Боксит яшмовидный	5,59	-	-	5,78	-	-

критерии устойчивого состояния - в табл. 8

Междуканальные опорные целики в зоне ведения горных работ находятся в различных условиях деформирования и выдерживают нагрузку, достаточную для обеспечения безопасного ведения горных

работ. В условиях статического нагружения МКЦ, сложенные бокситом красным немарким, имеют запас прочности от единицы до 2 при увеличении пролета отрабатанного пространства до 40-50 м, при красном марком и яшмовидном бокситах безопасный уход фронта очистных работ

Таблица 8
**Критерии состояния устойчивости опорных
 междуканальных целиков в рабочей зоне**

Пролет вырабо- танного простран- ства, м	Критерий $\sigma_{ост}^{пр} / \sigma_{ост}^{\phi}$					
	Статическое нагружение			Динамическое нагружение		
	m = 4 м	m = 8 м	m = 10 м	m = 4 м	m = 8 м	m = 10 м
боксит красный немаркий каменистый						
20	1,8	1,81	1,91	2,66	2,29	1,95
40	1,15	1,13	0,96	1,59	1,41	1,2
60	0,91	0,89	0,75	1,25	1,11	0,94
80	0,78	0,76	0,64	1,07	0,94	0,8
100	0,69	0,67	0,57	0,95	0,83	0,71
Боксит красный маркий						
20	1,07	1,4	1,32	1,51	1,77	1,73
40	0,64	0,76	0,71	0,88	0,96	0,9
60	0,49	0,57	0,52	0,67	0,71	0,67
80	0,41	0,47	0,43	0,56	0,58	0,55
100	0,35	0,41	0,37	0,49	0,51	0,48
Боксит яшмовидный						
20	1,45	-	-	1,53	-	-
40	0,92	-	-	0,97	-	-
60	0,73	-	-	0,76	-	-
80	0,62	-	-	0,64	-	-
100	0,55	-	-	0,57	-	-

1,07 ÷ 2,66 - допредельное состояние целиков;
 0,91 ÷ 0,97 - предельное состояние целиков;
0,35 ÷ 0,89 - запредельное состояние целиков.

ограничен $L = 30-40$ м. На участках, подверженных динамическим пригрузкам от сейсмических явлений, пролет очистного пространства, при котором обеспечивается устойчивое состояние массива, ограничен при боксите красном немарком расстоянием $L = 50-90$ м в зависимости от мощности залежи, на пласте, представленном бокситами красным марким и яшмовидным, запас прочности опорных целиков в пределах 1,5 - 1,7 ограничивается пролетом выработанного пространства $L = 30-40$ м. При увеличении пролета L выше указанных величин целики будут постепенно разрушаться с ростом нагрузки.

Выводы

Расчеты напряженно-деформированного состояния краевой части рудного массива при ведении горных работ на глубине более 1000 м показывают:

1. Рудные опорные междуканальные целики в отработанном пространстве при статических условиях нагружения выдерживают нагрузку от веса пород в своде естественного равновесия при увеличении пролета отработанного пространства до 120-130 м.

2. При развитии фронта очистных работ в краевой части залежи формируется зона опорного давления, нагрузки, в максимуме которой значительно превышают прочность массива. Максимум опорного давления располагается на расстоянии от 2

до 12 м от краевой части пласта в зависимости от прочностных свойств рудного массива, мощности залежи и развития очистных работ.

3. В оформленном панельном целике шириной от 4 до 6,5 м уровень нагрузок превышает предел прочности массива, целик находится в запредельном режиме деформирования, в нем формируются два максимума опорного давления, наложение которых происходит при увеличении отработанного пространства от 70 до 80 м при статических условиях нагружения и при $L = 100$ м и более при динамических нагрузках.

4. Оформляемые междукамерные целики обеспечивают безопасное развитие горных работ и находятся в устойчивом состоянии при увеличении очистного пространства до 40 м независимо от условий нагружения.

5. Краевая часть залежи, оформленные панельный и междукамерные целики при развитии очистных работ нагружаются до уровня, превышающего прочность массива на одноосное сжатие, работают в запредельном режиме деформирования и находятся в неудароопасном состоянии.

6. Для повышения безопасности горных работ в удароопасных условиях панельные штреки необходимо закладывать на расстоянии 15-20 м от краевой части обрабатываемого пласта с учетом технологии очистных работ КССР и увеличения отработанного пространства.

7. Оптимальный пролет отработанного пространства, обеспечивающий устойчивое состояние массива и безопасность очистных работ на КССР в удароопасных условиях является $L = 40-50$ м.

8. Для снижения уровня нагрузок в краевой части залежи и увеличения пролета очистного пространства (L), обеспечивающего безопасное ведение очистных работ можно применять технические меры, такие как:

- опережающую разгрузку краевой части залежи, за счет которой происходит снижение уровня напряжений до 10-15 % и увеличения пролета до 2 раз;

- принудительную посадку кровли в отработанном пространстве с шагом 30-40 м;

- оставление барьерных целиков при увеличении L до 40-50 м.

9. Для повышения безопасности очистных работ в удароопасных условиях отдельные участки залежи обрабатывать на фиксированную мощность с целью оформления целиков одинаковых размеров, равномерного распределения нагрузок на них и снижения концентрации напряжений на элементы горных конструкций. Отработку оставшихся почвенных запасов и выпуск целиков производить во вторую стадию на подготовительные полевые выработки, без доступа людей в очистное пространство.

Коротко об авторах

Минзарилов Р.Г. – инженер I кат. отдела НИР СПИ «СУБР-проект» ОАО «СЕВУРАЛБОКСИТ-РУДА»

