

УДК 622.27

В.Н. Токсаров, Я.Р. Костин**V.N. Toksarov, Ya.R. Kostin**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ
НА ПЯТОЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПАНЕЛИ РУДНИКА
УСОЛЬСКОГО КАЛИЙНОГО КОМБИНАТА ООО «ЕВРОХИМ»****JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF MINING METHOD
FOR THE 5TH SOUTH-EASTERN EXTRACTION PANEL
OF THE MINE USOLSK POTASH PLANT OF LLC "EUROCHEM"**

Технология ведения горных работ на калийных рудниках определяется непосредственно горно-геологическими условиями месторождения. Освоения запасов Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей в Усольском районе характеризуется сложными горно-геологическими условиями, которые заключаются в тонкослоистой структуре промышленных пластов и вмещающих пород и в наличии в них глинисто-солевых прослоек мощностью от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров (иногда до 15 см). Такая структура при обнажении пород в кровле выработок способствует их быстрому расслоению, образованию заколов и самообрушению, а также снижает несущую способность целиков, что ведет к необходимости увеличения их ширины и, следовательно, увеличению потерь. В связи с этим целью данного исследования работы является обоснование параметров камерной системы разработки на 5-й юго-восточной панели (ЮВП) ООО «ЕвроХим – Усольский калийный комбинат» (УКК) с использованием следующих уточненных геомеханических параметров: прочности соляных пород при одноосном сжатии, мощности отрабатываемого пласта, глубины отработки пласта, содержания нерастворимого остатка в пласте.

Ключевые слова: калийный рудник, параметры системы разработки, прочность соляных пород при одноосном сжатии, мощность пласта, глубина разработки, содержание нерастворимого остатка в пласте.

The technology of conducting mining operations at potash mines is determined by the mining and geological conditions of the deposit. The development of the reserves of the Verkhnekamsk deposit of potassium-magnesium salts in the Usolsky region is characterized by complex mining and geological conditions that are found in the thin-layered structure of industrial strata and enclosing people and in the presence of clay-salt interlayers from a few millimeters to several centimeters (sometimes up to 15 cm). Such a structure, when the consciousness is exposed in the roof of the excavation, facilitates their rapid stratification, the formation of hocks and self-destruction, and also for the carrying capacity of the pillars, which leads to the need the increase in their width and, consequently, the increase in losses. Therefore, the aim of the study is to justify the parameters of the chamber development system on the 5th south-eastern panel of EuroChem-Usolsky Potash Combine (UKK) using the following refined geomechanical parameters: resisting power simple compression of saliferous rock, seam height, digging depth, assay insoluble constituent of rock.

Keywords: potash mine, parameters of mining method, resisting power simple compression of saliferous rock, seam height, digging depth, assay insoluble constituent of rock.

Отработка балансовых запасов на шахтном поле УКК будет осуществляться камерной системой разработки с ленточными междукамерными целиками (МКЦ). Технологическая схема выемки полезного ископаемого при использовании данной системы заключается в том, что в результате выемки сильвинитового пласта образуется длинная (исходя из условий эффективной работы транспорта руды и заданного срока эксплуатации, как правило, около 300 м) очистная выработка (камера).

Известны два способа отработки очистных камер: механизированный комбайновый и буровзрывной. Буровзрывная отбойка руды требует применения большого количества взрывчатых материалов и, как следствие, сооружение большого объема подземного склада взрывчатых материалов. Кроме того, производимые взрывы ухудшают условия устойчивости выработок и прочности целиков, а также увеличивают нарушенность и трещиноватость массива вмещающих пород, в том числе пород водозащитной толщи, обеспечивающей безопасную эксплуатацию рудника. При отработке очистных камер комбайновым способом в сравнении с буровзрывной выемкой исключается необходимость зарядания шпуров, монтажа взрывной сети выполнения работ по оборке забоя, которые сопряжены обычно с задействованием в этом процессе дополнительных людских и стоимостных ресурсов (эксплуатационных затрат), что зачастую значительно увеличивает время на полный цикл работ. Таким образом, при эксплуатации калийных рудников наиболее безопасным и производительным является полностью механизированный комбайновый способ [1–8].

Камерная система разработки применительно к калийным (соляным) месторождениями имеет широкое применение, что объясняется следующими ее значительными достоинствами:

- экономические параметры системы (если не считать потери полезного ископаемого в междукамерных целиках) обуславливаются незначительным объемом подготовительных работ;

- возможность применения широкой механизации, следствием чего является сравнительно высокая производительность труда на калийных рудниках; высокая производительность обеспечивается большим объемом выработок (камер), что создает удобства в работе, большой эффективностью отбойки, возможностью развития работ на широком фронте, несложностью подготовки и возможностью проведения подготовительных выработок как по каменной соли, так и по промышленным пластам, возможностью применения разнообразных высокопроизводительных и крупногабаритных машин;

- безопасность работ: кровля выработок при использовании данной системы даже при большой высоте остается доступной для наблюдений и оборки; необходимая устойчивость междукамерных целиков достигается их соответствующими размерами, а также закладкой выработанного пространства;

– незначительное разубоживание полезного ископаемого, возможность опробования соли как в подготовительных, так и в очистных выработках;

– в камерной системе разработки отсутствуют технологические процессы, связанные с управлением кровлей принудительным обрушением или плавным опусканием, соответственно, трудоемкость работ по креплению сведена к минимуму [3].

Основной недостаток камерной системы разработки – большие потери полезного ископаемого в междукамерных целиках, обеспечивающих поддержание кровли, сохранность ВЗТ и, как следствие, защиту рудника от затопления. Средние значения потерь при камерной системе разработки составляют около 60–65 %.

Камерная система разработки удовлетворяет требованиям федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» по обеспечению защиты шахт от затопления и охраны поверхностных объектов вредного влияния горных работ [4, 5].

Расчет параметров камерной системы разработки для участков шахтных полей должен основываться на достоверных результатах механических испытаний соляных пород, так как должна обеспечиваться безопасность горных работ, защита рудника от затопления и охрана подрабатываемых объектов, оптимальная полнота извлечения полезного ископаемого из недр и технико-экономическая эффективность, геодинамическая безопасностью [6].

Склонность промышленных пластов и вмещающих пород к расслоению и самообрушению требует принятия определенных мер для обеспечения безопасных условий производства горных работ.

С учетом опыта ведения горных работ на рудниках ВКМКС в сложных горно-геологических условиях с целью обеспечения сохранности выработок на необходимое время и обеспечения безопасных условий ведения горных работ предусматривается:

– панельно-блоковая схема подготовки с уменьшенной шириной панели (до 1200 м), длиной панели (до 3000 м) и длиной блоков (до 600 м);

– расположение основных горно-капитальных и горно-подготовительных выработок в наиболее устойчивых породах (подстилающая каменная соль);

– применение комбайнов, позволяющих образовать сводчатую форму выработок, а также уменьшение ширины выработок (не более 6 м).

При обработке информации проектной документации «ЕвроХим – УКК» по 5-й юго-восточной панели в ее пределах не выявлено нахождения аномальных зон. В связи с этим допустимая степень нагружения междукамерных целиков C принимается равной 0,4.

Для определения параметров системы разработки использовалась методика расчета, применяемая для отработки запасов Верхнекамского месторождения рудниками ПАО «Уралкалий».

Выявлено, что при расчете ширины целика основными входными параметрами являются прочность соляных пород при одноосном сжатии, мощность обрабатываемого пласта, глубина отработки пласта, содержание нерастворимого остатка в пласте, габариты комбайна.

Соляные породы характеризуются значительной вариацией минерального состава, разнотельной структурой, слоистостью, наличием естественной микро- и макронарушенностью. Неоднородность состава и строения соляных пород обуславливает существенное различие их поведения под нагрузкой и значительный разброс механических показателей. Например, согласно табл. 1 даже в пределах одной 5-й ЮВП содержание нерастворимого остатка на пласте Кр-II варьируется от 9,3 до 12 %, глубина – от 375 до 350 м. Обычно при расчете значений параметров горных работ берутся осредненные значения геологических параметров по панели или блоку. Кроме того, исходя из опыта испытаний соляных пород на месторождении, установлено, что разброс значений предела прочности составляет порядка 20–30 %.

В этих условиях для определения ширины междукамерных целиков предложено рассмотреть три варианта расчета:

1) расчет показателей для 1-го западного блока по стандартной методике с усредненными показателями по блоку;

2) расчет ширины целиков по стандартной методике с усредненными показателями по панели;

3) расчет ширины целиков по блоку с наихудшими условиями отработки: большое содержание глины и большая глубина (4-й восточный блок). Кроме того, использована величина прочности пород, которая на 20 % меньше среднего значения. Таким образом, в третьем варианте оценивается блок с возможно наибольшей вероятной ошибкой расчета параметров горных работ.

Проектной документацией на 5-й ЮВП предлагается камерная система разработки с поддержанием кровли на ленточных междукамерных целиках, предусматривающая двухпластовую выемку сильвинитовых пластов Кр-II и Кр-Шаб без закладки.

Отработка пластов предусматривается комбайнами «Урал-61». Зарубка на камеры осуществляется с блоковых выемочных (транспортных) штреков. Отбитая руда через бункер-перегрузатель загружается в с/вагон и доставляется до блокового конвейерного штрека. Разгрузка руды производится через рудоспускную скважину или непосредственно на конвейер.

При анализе параметров системы разработки расчет ведется на единый целик, так как пласты сближенные. Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета ширины целиков по 5-й ЮВП

Пласт	1-й западный блок				1-й восточный блок			
	Глубина залегания	Мощность, м	σ_0 , МПа	Н.О., %	Глубина залегания	Мощность, м	σ_0 , МПа	Н.О., %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КрI-КрII коржи	374,7	0,30	13,70	67,82	369,70	0,30	13,70	67,82
КрII	375	4,9	19,94	9,70	370	4,90	19,94	10,5
КрII-КрIII	379,9	1,6	17,06	8,7	374,9	1,60	17,06	9,70
КрIII	381,5	3,5	17,67	9,2	376,5	3,55	17,67	11,3
2-й восточный блок					3-й западный блок			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КрI-КрII коржи	359,62	0,38	13,70	68,7	359,62	0,38	13,70	69,25
КрII	360	4,70	19,94	10,50	360	5	19,94	10,1
КрII-КрIII	364,7	1,60	17,06	10,50	365	1,65	17,06	9,90
КрIII	366,3	3,40	17,67	11,50	366,65	3,40	17,67	11,9
4-й западный блок					4-й восточный блок			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КрI-КрII коржи	354,62	0,38	13,70	69,83	349,62	0,38	13,70	70,21
КрII	355	5,4	19,94	10	350	5,40	19,94	12
КрII-КрIII	360,4	1,65	17,06	10,6	355,4	1,60	17,06	12,9
КрIII	362,05	3,35	17,67	10,1	357	3,45	17,67	12,3
2-й западный блок					3-й восточный блок			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КрI-КрII коржи	367,62	0,38	13,70	69,83	349,62	0,38	13,7	66,95
КрII	368	5,1	19,94	9,30	350	5,40	19,94	10,90
КрII-КрIII	373,1	1,60	17,06	9,40	355,40	1,65	17,06	10,95
КрIII	374,7	3,55	17,67	9,50	367,05	3,30	17,67	12
Усредненные показатели по панели								
КрI-КрII	374,7	0,38	13,70	68,8				
КрII (сл. 1-7)	375	5,1	19,94	10,38				
КрII-КрIII	379,9	1,6	17,06	10,33				
КрIII	381,5	3,44	17,96	10,98				

Выявлено, что параметры обработки силвинитовых пластов Кр-II-Кр-III-б с шириной междукламерных целиков 11,4 м удовлетворяют требованиям безопасности горных работ по критерию допустимой степени нагружения междукламерных целиков.

По результатам трех вариантов расчета ширины междукламерных целиков установлено, что в первых двух вариантах параметры фактически не отличаются друг от друга [9]. В третьем варианте ширина целика составляет 15,5 м, что на 4,2 м больше соответствующего параметра, полученного во втором варианте. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры системы разработки

5-я ЮВП	a_m , м	m , м	σ_0 , тс/м ²	δ_c	K_c	σ_m , тс/м ²	b	σ_n , тс/м ²	C
1-й западный блок	3,2	10,38	1891,79	0,111	0,71	1880,44	11,4	2659,87	0,397
Средние значения по панели	3,2	10,52	1875,49	0,122	0,69	1819,225	11,3	2546,915	0,399
4-й восточный блок	3,2	10,91	1514,675	0,142	0,67	1423,79	15,5	2335,022	0,397

В этих условиях коэффициент нагружения целиков в 4-м восточном блоке, где наблюдаются наихудшие условия отработки, может составить порядка 0,43–0,44, что существенно превышает допустимую величину ($C = 0,4$) [10]. Делаем вывод, что в условиях недостаточного количества исходных данных необходимо более тщательно рассчитывать параметры системы разработки. Нужно просчитывать ширину целиков с наихудшими исходными показателями, такими как прочность пород, глубина отработки и содержание глины в пласте.

Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы:

1. Опыт, основанный на состоянии отработанных очистных камер на рудниках ВКМКС, показал, что во многих случаях они теряют устойчивость до истечения необходимого по условиям эксплуатации времени. Из-за опасности обрушения кровли некоторые очистные камеры не дорабатываются до конца, что приводит к увеличению потерь полезного ископаемого.

2. По результатам трех вариантов расчета ширины междукамерных целиков установлено, что в первых двух вариантах, рассчитанных по усредненным данным, параметры системы разработки фактически не отличаются друг от друга. В третьем варианте ширина целика составляет 15,5 м, что на 4,2 м больше соответствующего параметра, полученного во втором варианте. В этих условиях коэффициент нагружения целиков в 4-м восточном блоке, где наблюдаются наихудшие условия отработки, может составить порядка 0,43–0,44, что существенно превышает допустимую величину ($C = 0,4$).

3. Считаем, что в условиях недостаточного количества исходных данных необходимо более тщательно рассчитывать параметры системы разработки. Нужно просчитывать ширину целиков с наихудшими исходными показателями, такими как прочность пород, глубина отработки содержание глины в пласте.

Список литературы

1. Ломоносов Г.Г. Производственные процессы подземной разработки рудных месторождений. – М.: Горная книга, 2011.
2. Пучков Л.А., Жежелевский Ю.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов: в 2 т. – М.: Мир горной книги: Изд-во МГТУ: Горная книга, 2009.
3. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей (технологический регламент). – СПб., 2008.
4. Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках ОАО «Сильвинит» / ОАО «Галургия». – Новосибирск: Наука, 2011.
5. Соловьев В.А., Секунцов А.И. Разработка калийных месторождений: практикум. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2013.
6. Аман И.П. Проектирование горных предприятий: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.
7. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение калийных солей. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2001.
8. Демп С.П. Обоснование технико-экономических показателей добычи руды по горному участку калийного рудника. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2004.
9. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008.

Получено 06.10.2017

Токсаров Валерий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: [tokсарov@mi-perm.ru](mailto:toksarov@mi-perm.ru).

Костин Ярослав Романович – студент, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет.