

## **Результаты опытно-промышленной отработки запасов разделительного рудного целика р.т. №1 Молодёжного месторождения**

**ОАО «Уралмеханобр»**

**Дик Ю.А.**

**Танков М.С.**

Вскрытие запасов, оставшихся за контуром карьера, осуществляется вспомогательным уклоном, пройденным с поверхности, и автотранспортным уклоном, пройденным из карьера на отм. +264 м, а также штольнями, выбитыми из карьера. Порядок вскрытия и отработки месторождения принят нисходящий с поэтапным вводом этажей (участков) в эксплуатацию. Проветривание подземных выработок по проекту осуществляется путём нагнетания свежего воздуха вентилятором главного проветривания, установленным на поверхности у устья вспомогательного уклона.

В этаже 210/270 м, в границах которого расположен разделительный рудный целик, основные запасы уже отработаны.

В подэтаже 210/240м, расположенном непосредственно под рудным целиком, на тот момент были полностью отработаны запасы. Дно и восточный борт карьера на участке рудного целика были пригружены породой, с высотой пригрузки в среднем около 20 метров.

Руды р.т. № 1 в пределах разделительного прибортового и придонного целиков сложены в основном медными и медно-цинковыми сплошными и вкрапленными рудами. Вмещающие породы, слагающие придонный участок руды на восточном борту карьера в районе разрезов 22÷23, представлены базокварцевыми липоритовыми андезитовыми и дацитовыми порфиритами, известняками различной степени брекчиевания, туффитами и породами приконтактной околорудной зоны.

Запасы, сосредоточенные под дном карьера, составляли 41781 тонн со средним содержанием по меди – 3,85 %; по цинку – 3,00%; по сере – 39,81%.

Длина рудного тела №1, сосредоточенного в прибортовом целике составляла порядка 130 м по простиранию с севера на юг. Падение рудного тела от откоса борта в массив под углами падения: висячий бок  $\alpha=35-42^\circ$ ; лежащий бок  $\alpha_1=37-60^\circ$ .

С запада прибортовая часть целика ограничена в верхней части бортом карьера. В дне прибортовой части рудного целика расположен закладочный массив ранее отработанных камер подэтажа 210/240м.

Запасы руды, расположенные в прибортовой части рудного целика, составляли порядка 290 тыс. тонн. Среднее содержание в руде полезных компонентов составило: меди – 3,1 %, цинка – 4,29 %, серы – 38,4%.

Для проверки решений, предложенных в рекомендациях на отработку разделительного целика Молодёжного месторождения была разработана

методика опытно-промышленных испытаний (ОПИ) на отработку в придонной и прибортовой частей разделительного рудного целика.

На первом этапе опытных работ было решено произвести выемку руды в придонной части разделительного целика, затем отработать запасы в борту карьера.

Придонная часть запасов целика отрабатывалась камерой К1ПЦС1-240, расположенной в подэтаже 210/240 м.

При этом были учтены следующие условия:

- перед началом очистных работ в опытной камере К1ПЦС1-240 необходимо произвести уборку породной массы, складированной на дне карьера, вертикальная мощность которой составляет в среднем 20 метров.

- в процессе отработки опытной камеры возможно снижение устойчивости вышерасположенного участка борта карьера и пройденного по нему съезда.

Расчет устойчивости восточного борта карьера «Молодёжный» в районе опытной камеры К1ПЦС1-240 производился методом алгебраического сложения сил, основанным на сложении удерживающих и сдвигающих сил по потенциальной поверхности скольжения.

Оценка устойчивости показала, что борт находится в деформированном состоянии, что подтверждается визуальными и инструментальными наблюдениями, проводимыми ОАО «Уралмеханобр».

По результатам наблюдений за 2009 год наименее устойчивыми являются верхние горизонты восточного борта. На участке наиболее активных деформаций в районе пункта «Северо-восточный» продолжается развитие зоны деформаций, сопровождающиеся обрушениями по поверхности.

Согласно результатам расчётов, отработка запасов в дне карьера будет сопровождаться снижением устойчивости борта до  $K.З.У = 1 \div 1,1$ . Поэтому отработка запасов в дне карьера и последующая пригрузка должна быть произведена в течение 6 месяцев. Последующая пригрузка борта позволит обеспечить его устойчивость согласно нормативным значениям  $K.З.У: 1.2 \div 1.3$ .

Для выемки запасов придонного рудного целика (камера К1ПЦС1-240) была разработана методика ОПИ, на основании которой велась отработка. В соответствии с методикой применялся вариант камерной системы разработки с открытым в карьер выработанным пространством с последующим заполнением очистного пространства камер твердеющей закладкой.

Данный вариант системы разработки представлен на рис. 1, 2, 3 и 4; и включал в себя следующие конструктивные элементы: погрузочные заезды и доставочные орты.

Параметры камеры:

- длина – 44,5 м;

- ширина – равна горизонтальной мощности рудной залежи вкрест простирания и изменяется от 10 до 28 м;

- высота – 16-20 м.

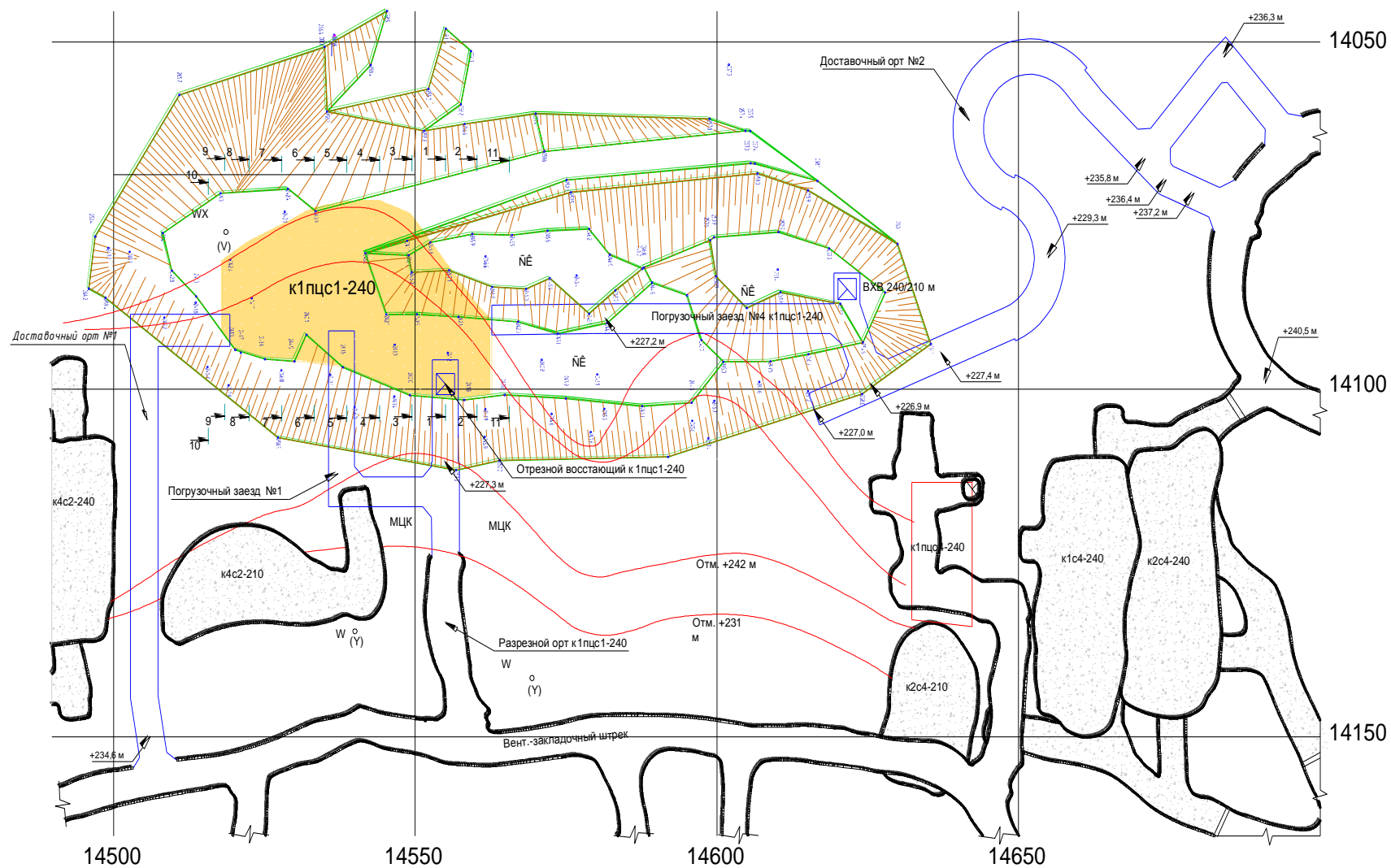


Рис. 1. Схема подготовки опытной камеры К1ПЦС1-240.

По вертикали подготовка камеры производилась на двух уровнях:

- гор. 240 м – доставочный (по почве камеры проходил комплекс буродоставочных выработок);
- гор. 270 м – закладочный, (с данного горизонта через скважины осуществлялась закладка отработанной камеры).

Для оформления отрезной щели в камере, из разрезного (доставочного) орта, пройденного из ВЗШ-240 м, на северном фланге у восточного борта карьера поднимался отрезной восстающий. После образования отрезной щели путём отбойки рядов скважин, пробуренных из карьера, формировалось очистное пространство камеры с выходом в дно карьера. Отработка запасов в камере производится от северного (от разрезки) на южный фланг. Разбуривание и отбойка руды в камере осуществляется из карьерного пространства нисходящими скважинами, диаметр скважин – 115 мм (рис.2 и

Отработки запасов придонного рудного целика требовала интенсивного ведения горных работ в летний период с целью осуществления закладки выработанного пространства придонной камеры (К1ПЦС1-240) в тёплый период года. Общий срок выемки запасов руды придонного целика составил 3 месяца.

Выпуск и отгрузка руды из камеры производилась с её почвы через разрезной орт и погрузочные заезды. Доставка руды из камеры до перегрузочного пункта осуществлялась ПДМ, оборудованных системой дистанционного управления. Дальнейшее транспортирование руды велось автосамосвалами до склада руды в карьере.

Закладка отработанной придонной камеры производилась твердеющей смесью. Подача смеси осуществлялась по следующей схеме: закладочный комплекс → закладочный трубопровод по поверхности → технологические закладочные скважины → вспомогательный уклон → вентиляционно-закладочный штрек гор. 270 м → вентиляционная сбойка гор. 270 м → закладочный штрек гор. 270 м → далее по закладочным скважинам подается в выработанное пространство камеры (рис. 4).

Конструктивное оформление данного варианта системы разработки и технология отработки камерных запасов представлены на рисунках 1÷3.

Для оценки влияния взрывных работ, производимых при отработке запасов придонной камеры на восточный борт карьера в боковом направлении были выполнены аналитические расчеты (рис. 4). Оценка воздействия взрывных работ при отработке камеры 1 ПЦ секции 1 рассчитывалась для скважинного заряда, находящегося в непосредственной близости к Восточному борту карьера с максимальной массой заряда в скважине 121 кг. За критерии оценки влияния взрывов на охраняемый объект были приняты: уровень интенсивности сейсмических колебаний, радиусы зон разрушения и деформаций.

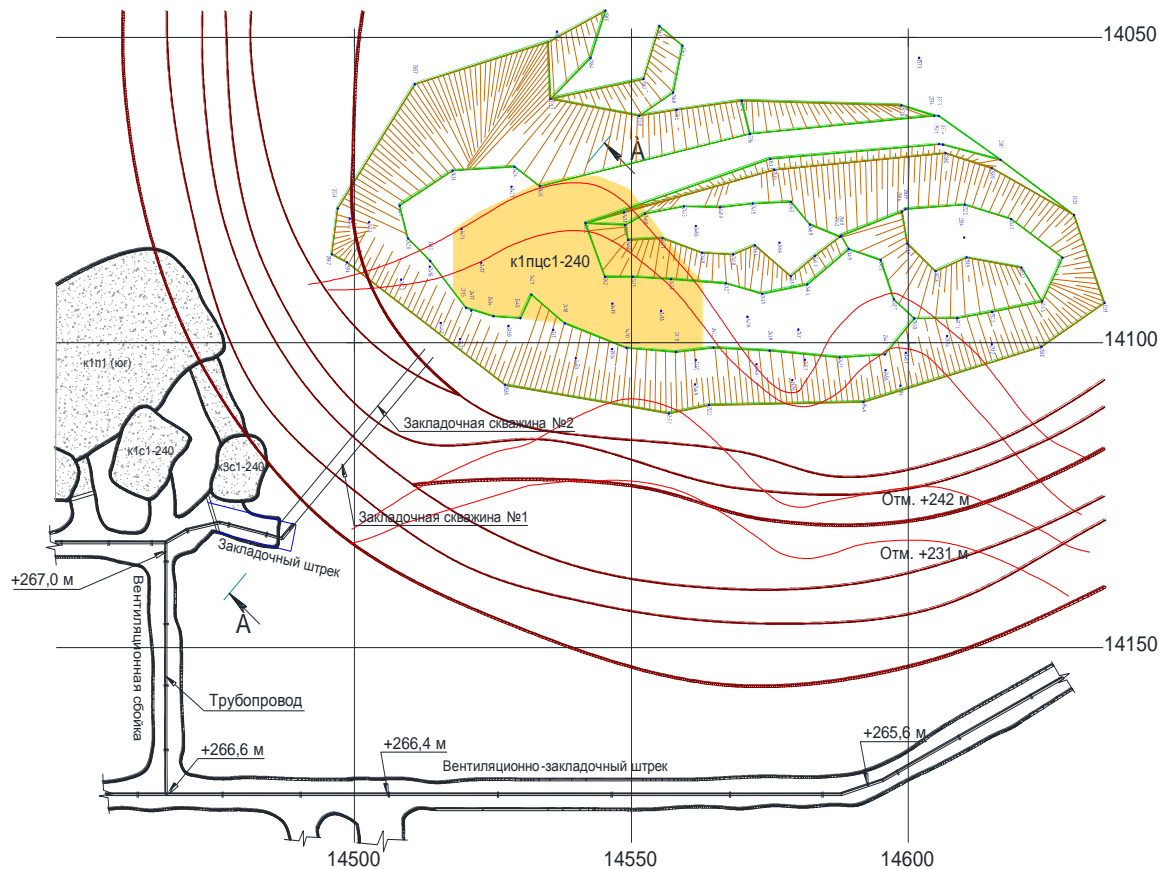
По результатам проведенных расчетов устанавливалось потенциально опасное воздействие взрывных работ на восточный борт карьера.

Охраняемым объектом при отработке опытной камеры является восточный борт карьера. Допустимая скорость колебаний, составила 20,4 см/с.

Ввиду того, что прибортовая часть массива ослаблена буровзрывными работами при отработке запасов месторождения открытым способом, минимальные допустимые скорости колебаний составили для откосов уступов борта карьера 9 см/с.

Анализ результатов расчетов показал, что:

- радиус зоны сейсмического воздействия на борт карьера составляет 12,6 м;
- при взрывании скважинного заряда массой 121 кг радиус зоны дробления 2,8 м, и радиус зоны трещинообразования 5,4 м не выходят за пределы радиуса зоны сейсмического воздействия 12,6 м.



Разрез А - А

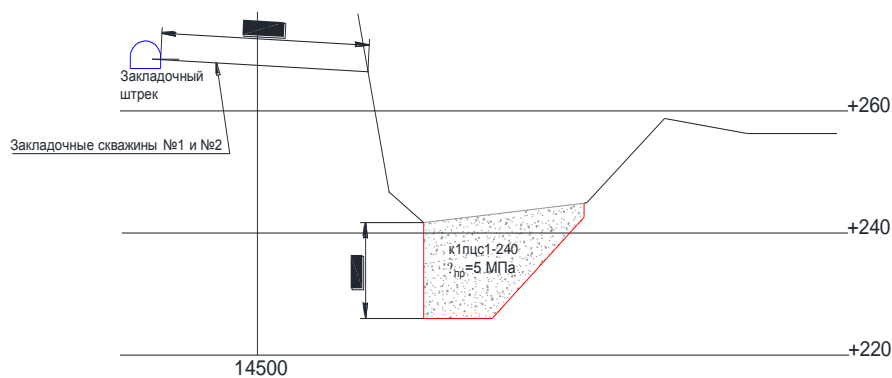


Рис. 2. Схема закладки опытной камеры К1ПЦС1-240.

Организации взрывных работ при выемке придонного разделительного целика:

1. Взрывные работы велись с поскважинным замедлением с интервалом не менее 25 мсек.

2. Допускалось одновременное (мгновенное) взрывание нескольких скважин, не расположенных вблизи охраняемого борта и не превышающих общую массу заряда 242 кг. При этом радиус дробления составил 3,8 м, радиус трещинообразования 7,2 м.

3. Для создания экранированной зоны взрыва применялось направление детонации на взрываемом блоке - от охраняемого объекта.

4. Использовались неэлектрические системы инициирования, зарядов, позволяющие исключить вероятность подбоя скважинной сети при увеличении времени замедления между группами зарядов и увеличить количество последних, вплоть до поскважинного взрывания.

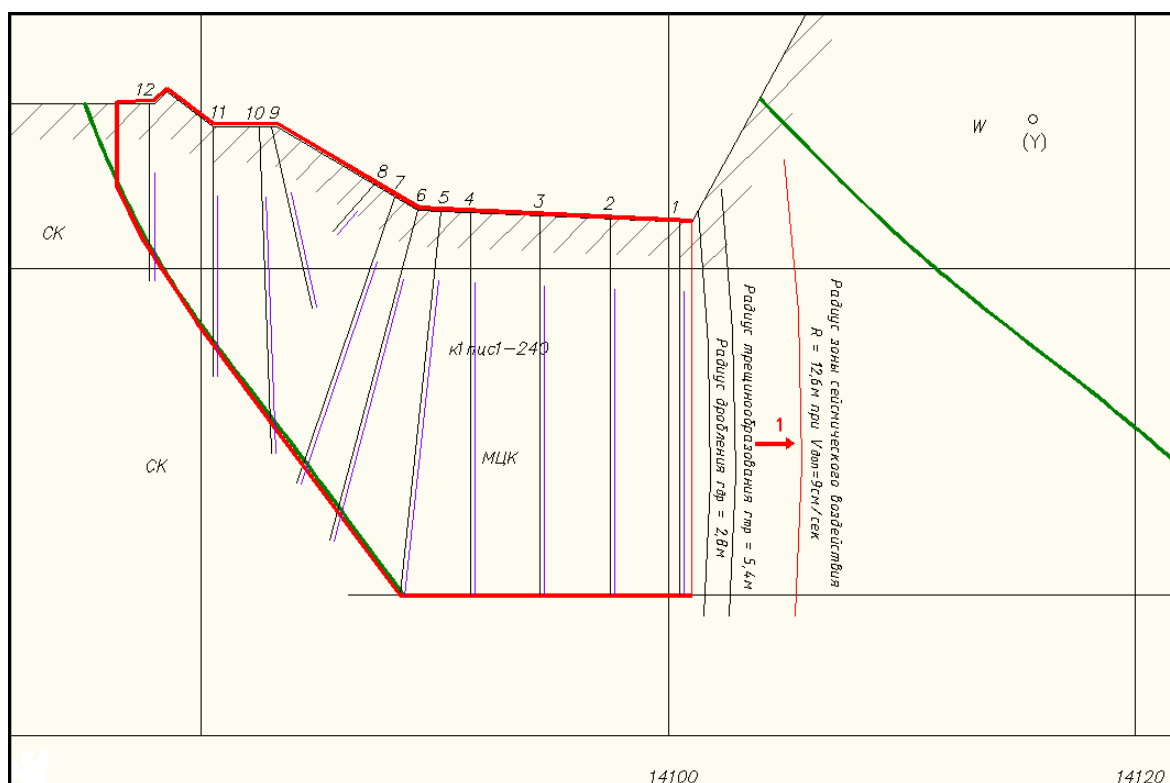


Рис. 3. Схема расположения скважин в рядах с указанием радиусов взрывного воздействия.

Опытная камера К1ПЦС1 -240, расположенная в придонной части разделительного рудного целика была полностью отработана летом 2011 года.

Проведение опытно-промышленных испытаний по отработке придонных запасов можно считать успешным. Запасы руды были отработаны в проектных параметрах. Выемка опытной камеры произведена без каких-либо деформаций и подвижек восточного борта карьера, расположенного в районе отработанной опытной камеры.

Фактическое положение горных работ после выемки запасов камеры и на момент ведения закладочных работ представлено на рисунках №4÷7.



Рис. 4. Положение горных работ по окончании выемки придонных запасов разделительного целика (камера К1ПЦС1-240).



Рис. 5. Закладка выработанного пространства после выемки придонных запасов разделительного целика (камера К1ПЦС1-240).



Рис. 6. Закладка выработанного пространства после выемки придонных запасов разделительного целика (камера К1ПЦС1-240).



Рис. 7. Закладка выработанного пространства после выемки придонных запасов разделительного целика.

Объем добытой руды с опытного участка составил 42,6 тыс. тонн. Качественные показатели: потери – 5,2 %, разубоживание – 10,8 %.

Закладка выработанного пространства камеры произведена в сентябре-октябре 2011 года.

После успешной выемки запасов и закладки твердеющей смесью выработанного пространства опытной камеры К1ПЦС4-240, расположенной в дне карьера появилась техническая возможность произвести отработку запасов, расположенных в борту карьера.

Для безопасной и безаварийной выемки запасов в борту карьера вдоль восточного борта карьера было решено возвести комбинированный целик, состоящий из твердеющей закладки и породной насыпи с таким расчётом, чтобы его высота была выше рудного контакта.

Для отработки запасов руды разделительного рудного целика, расположенного в борту карьера предусматривалось применение системы разработки с камерной выемкой и закладкой. Порядок отработки запасов в борту карьера – сплошной. Камеры ориентированы длинной стороной вкрест простирания рудного тела.

Предельная ширина камеры рассчитывалась по методике ИПКОН АН и составила 10 метров.

Применение технологических схем отработки с твердеющей закладкой за счёт использования несущей способности возводимого искусственного массива позволяет избежать экстремальных ситуаций, связанных с переходом пород борта карьера в предельное состояние под влиянием подземных работ. Для отработки запасов разделительного целика системой разработки с камерной выемкой и твердеющей закладкой вдоль борта карьера предложено возвести искусственный целик под защитой которого осуществить очистную выемку и последующую закладку камер твердеющей смесью.

Возводимый искусственный целик нагрузок со стороны борта практически не воспринимает. Его роль сводится к изоляции очистного пространства, а также к пригрузке основания борта. Проведённая оценка устойчивости борта карьера показала, что пригрузка борта позволит обеспечить его устойчивость согласно нормативным значениям  $K.З.У: 1,2 \div 1,3$ .

Наиболее оптимальный вариант сооружения комбинированного целика – заполнение пространства придонной части рудного целика твердеющей закладкой. Закладку необходимо поднять по борту до гор. 260 м. Для сокращения объёмов твердеющей закладки она формировалась только вдоль восточного борта карьера. Вдоль западной границы целика, возводимого из твердеющей закладки, осуществлялась отсыпка скальной породы, которая при возведении закладочного массива по восточному борту выше дна карьера одновременно играла роль опалубки.

Возведение комбинированного целика производится поэтапно. После закладки опытной камеры К1ПЦС1-240, расположенной в дне карьера приступили к отсыпке породного вала вдоль западной границы будущего комбинированного целика. Породный вал первоначально отсыпался на высоту

5 метров на расстоянии от борта карьера 10 метров. После этого, в образовавшееся пространство между бортом карьера и породной насыпью осуществлялась заливка твердеющей смеси. После отвердевания закладочной смеси предыдущего слоя осуществляется подсыпка породного вала и заливка следующего слоя твердеющей закладки. Процесс возведения породной насыпи и закладки пространства вдоль восточного борта карьера осуществлялся до тех пор, пока не был создан комбинированный целик, перекрывающий верхнюю границу рудного тела по борту карьера на высоту не менее 10 метров. Конструктивное исполнение комбинированного целика формируемого вдоль борта карьера представлено на рис. 8.

На участках, где верхняя граница рудного тела залегала на значительном расстоянии от дна карьера, и не представлялось возможным возвести комбинированный целик достаточной высоты, было принято решение в камерах на данных участках оставлять рудную корку. Рудная корка оставлялась с таким расчётом, чтобы суммарная вертикальная толщина оставляемой в кровле камеры руды и налегающего комбинированного целика составила не менее 10 метров.

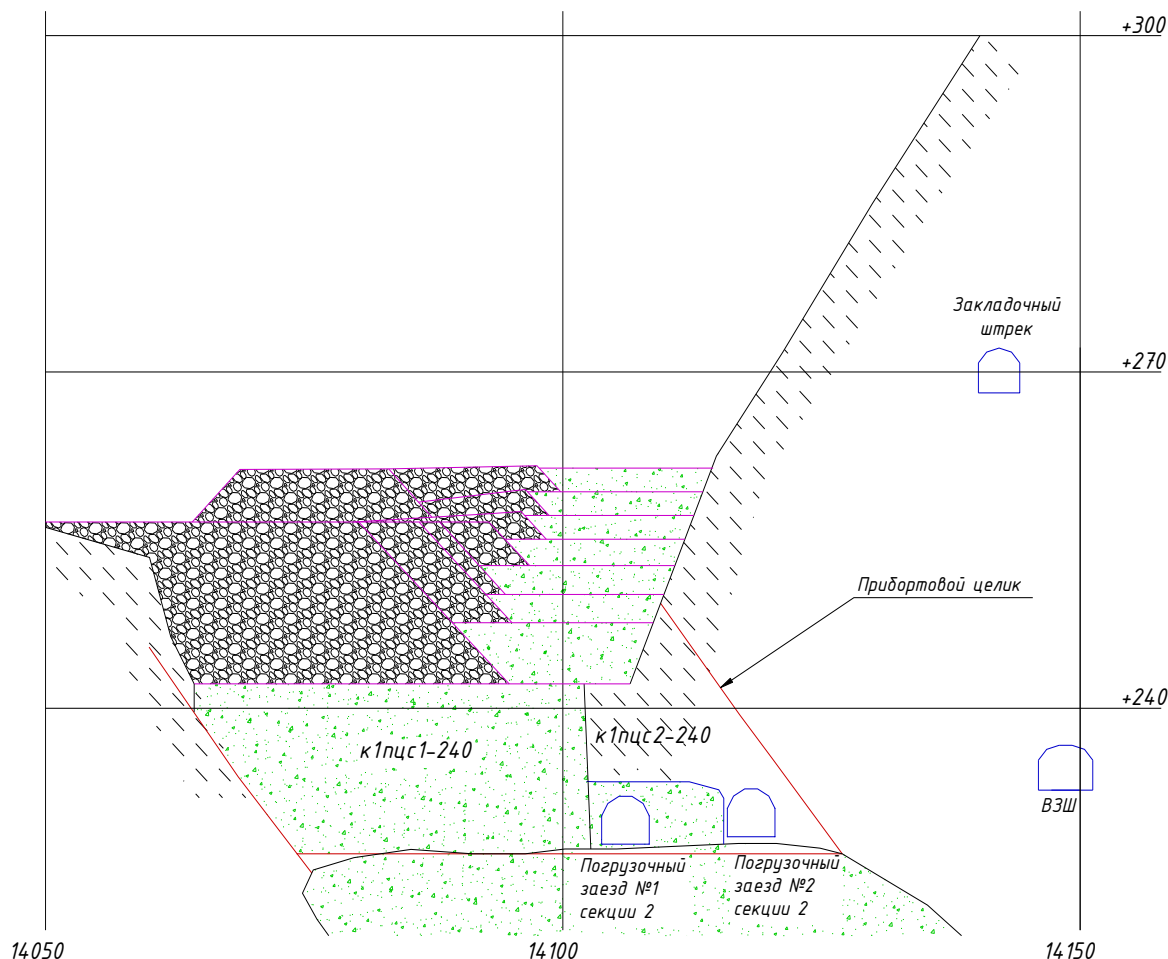


Рис. 8. Конструктивное исполнение комбинированного целика формируемого вдоль борта карьера.

Прочность возводимого закладочного массива составляла порядка 5 МПа. Возведение закладочной части комбинированного целика осуществлялось через скважины, пробуренные в борт карьера из закладочного штрека гор. 270м.

Оформление комбинированной пригрузки борта карьера на участке – твердеющая закладка + скальная пригрузка – обеспечили безопасность и эффективность выемки прибортовых запасов, а также снизили затраты на его возведение.

Этапы возведения комбинированного целика вдоль борта карьера представлены на рис. 9÷12.

После оформления комбинированного целика производилась подготовка и последующая отработка запасов разделительного целика на опытном участке в отметках 240/270 м в сплошном порядке от центра к флангам. Рудное тело в пределах участка разбивалось на секции, а секции, в свою очередь – на камеры, ориентированные вкрест простирания рудного тела.

Вариант системы с камерной выемкой при сплошном порядке отработки запасов в секции включал в себя следующие конструктивные элементы:

- доставочный (секционный) орт;
- погрузочные заезды, пройденные из доставочного (секционного) орта;
- буро-подсечной орт по почве камеры;
- отрезной восстающий;
- вентиляционно-закладочные скважины в камеру, пробуренные из выработок закладочного горизонта.

Для отработки прибортовые запасы целика по простиранию рудной залежи делились на две секции: №2 и №3. Секция №2 расположена на южном фланге, а секция №3 располагается на северном фланге опытного участка.

Параметры секций:

- ширина – равна горизонтальной мощности рудной залежи в секции и изменяется от 20 до 40 м;
- высота – равна средней мощности рудной залежи в секции и изменяется от 18 до 30 м.
- длина секции №2 составляет 50 метров; длина секции №3 равна 80 метров.

Секции на участке вкрест простирания делятся на камеры. Количество камер в секции №2 – 5; в секции №3 - 8.

Параметры камер:

- ширина – 10 м;
- длина – равна горизонтальной мощности рудной залежи и изменяется от 20 до 40 м;
- высота – равна вертикальной мощности рудной залежи.

Конструктивное оформление системы разработки представлено на рис. 13.



Рис. 9. Начальная стадия возведения комбинированного искусственного целика вдоль борта карьера.



Рис. 10. Возведение комбинированного искусственного целика вдоль борта карьера (твердеющая закладка + скальная пригрузка).



Рис. 11. Возведение комбинированного искусственного целика вдоль борта карьера (твердеющая закладка + скальная пригрузка).



Рис. 12. Завершающая стадия возведения комбинированного искусственного целика вдоль борта карьера (закладочный массив возведён выше уровня кровли рудного тела).



Подготовка камер в секциях опытного участка по вертикали производилась на 2-х уровнях:

- горизонт 240 м – доставочный, в котором на участке проходится комплекс буро-доставочных выработок;

- горизонт 270 м – вентиляционно-закладочный, в котором проходится комплекс горных выработок, из которых в камеры бурятся вентиляционные и закладочные скважины.

Отработка прибортовых запасов рудного целика в подэтаже 240/270м началась с выемки первой камеры секции №3 – к1пц3-240. После отработки и закладки данной камеры была отработана соседняя камера в секции №3 (к2пц3-240). По окончании отработки камеры к2пц3-240, и оформления искусственного целика шириной 20 м производилась одновременная отработка запасов на обоих флангах участка в секциях №2 и №3 расходящимися фронтами.

Очистная выемка в каждой камере опытного участка начиналась с разделки отрезной щели шириной не менее 3-х метров. Разделку щели производили взрыванием скважинных зарядов на отрезной восстающей сечением 4÷6 м<sup>2</sup> в несколько этапов.

Проходку отрезных восстающих проводилась снизу-вверх выбурированием и последующим «прожиганием».

Отбойка основных запасов в камере велась вертикальными веерами скважин. Отгрузка руды из камер опытного участка производилась из погрузочных заездов с использованием погрузочно-доставочных машин. Отгрузку руды из камеры в режиме ручного управления ПДМ производили с заездом в очистное пространство камеры не более чем на длину ковша. При зачистке камеры использовались ПДМ с дистанционным управлением.

Длина доставки ПДМ принималась исходя из конкретных горнотехнических условий участка и не превышала 150÷200 м. Дальнейшая транспортировка руды производилась с применением автосамосвалов.

Закладка отработанных камер опытного участка в борту карьера производилась твердеющей смесью. Подача закладочной смеси производилась по трубопроводу, по гор. +270 м и далее по пробуренным в выработанное пространство вентиляционно-закладочным скважинам.

При планировании и проведении опытных работ в борту карьера также оценивалось влияние взрывных работ. Охраняемыми объектами при отработке запасов разделительного целика в борту карьера являлись вмещающие породы кровли камер и комбинированный целик, возведённый вдоль борта (рис. 16). За критерии оценки влияния взрывов на охраняемый объект были приняты: уровень интенсивности сейсмических колебаний, радиусы зон разрушения и деформаций.

По результатам проведенных расчетов устанавливалась потенциальная опасность взрывных работ при подземной очистной выемке на прилегающий к камерам участок борта карьера, выдавались рекомендации по ведению взрывных работ.

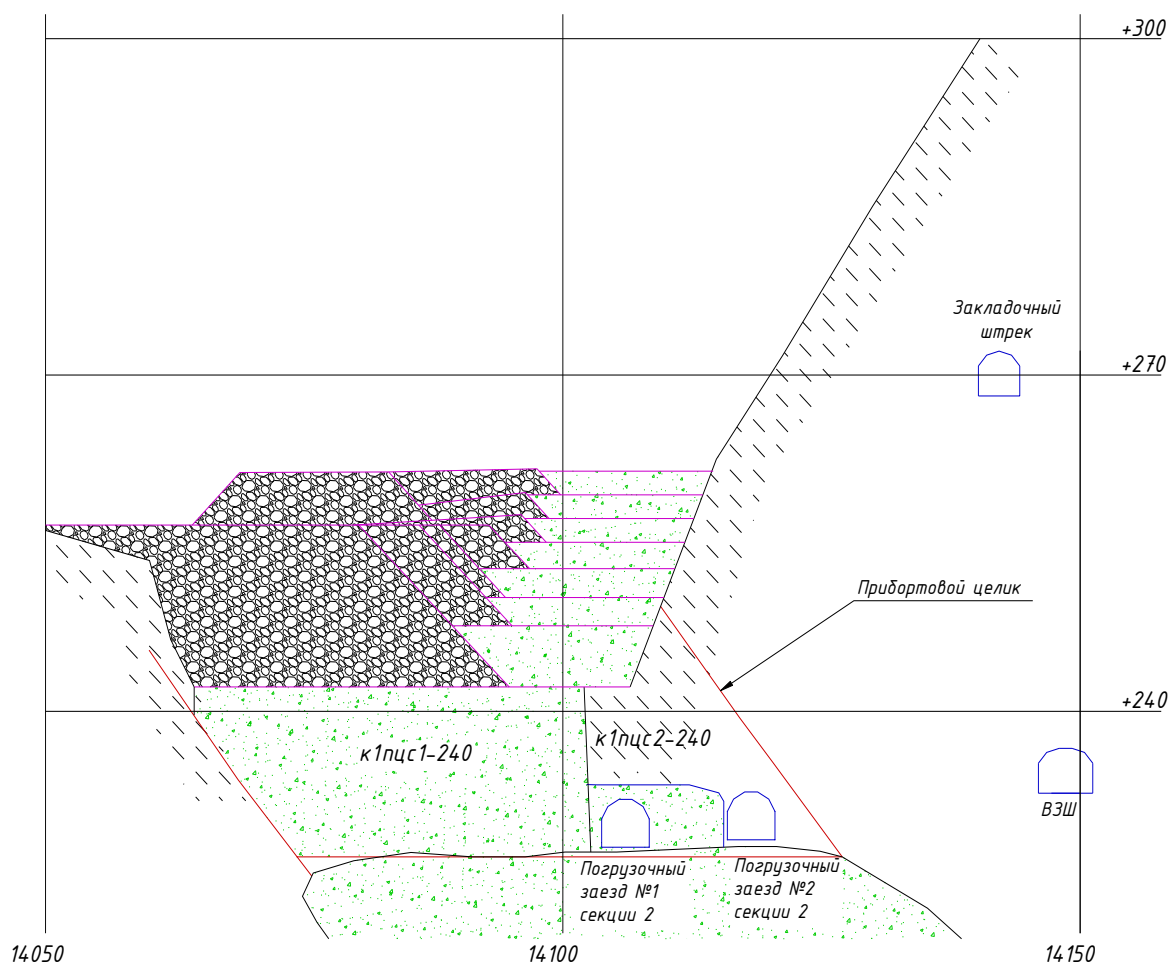


Рис. 14. Разрез по Ж – Ж.

Оценка сейсмического действия взрывных работ на горный массив была произведена путем сопоставления расчетных и допустимых скоростей колебаний массива горных пород.

За критерий оценки влияния взрывов на охраняемые объекты приняты радиусы зон дробления и трещинообразования.

При отработке запасов камеры веерами скважинных зарядов, диаметром 89 мм с учетом массы заряда ВВ рассчитаны радиусы искомых зон для веера №1 и веера №2 (для максимального и среднего по размерам веера).

Выводы и рекомендации по ведению взрывных для отбойки прибортовых запасов разделительного целика

1. Допустимые скорости сейсмических колебаний для охраняемых объектов составляют:

- для кровли камеры – 32,7 см/с;
- для закладочного массива – 35,1 см/с.

Исходя из условий сохранения устойчивости рассматриваемых массивов  $V_{\text{доп}} \geq V_{\text{г}}$ , была определена оптимальная масса заряда в группе 153 кг для скважин примыкающих к кровле камеры, представленной породами

висячего бока. При данном количестве ВВ в зоне действия взрыва до 6 метров расчетная скорость в верхнем направлении составит 32 см/с, что соответствует сохранению устойчивости кровли.

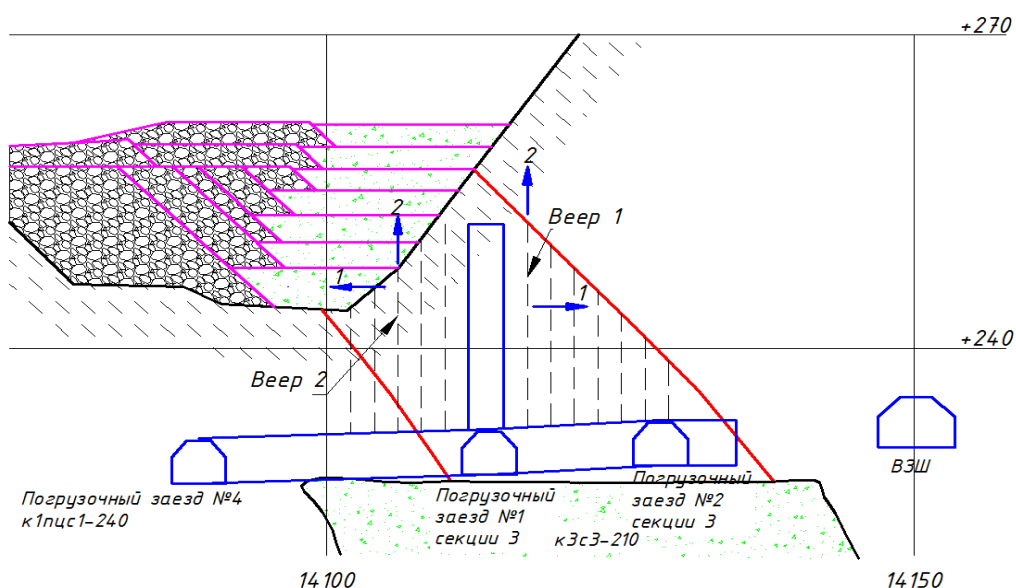


Рис. 15. Направления действия взрыва на комбинированный целик и кровлю при отработке запасов прибортовой части разделительного целика.  
1 – фронтальное действие взрыва; 2 – верхнее торцевое действие взрыва.

При массе одновременно взрываемого ВВ в 153 кг, зоны деформаций массива составят:

- во фронтальном направлении действия взрыва радиус дробления составит 0,5 м, радиус трещинообразования 2,1 м;
- в верхнем направлении действия взрыва радиус дробления составит 0,3 м, радиус трещинообразования 1,1 м.

Для скважин, примыкающих к кровле камеры, представленной закладочным массивом, исходя из условий сохранения устойчивости рассматриваемых массивов  $V_{доп} \geq V_r$  была определена оптимальная масса заряда в группе 80 кг. При данном количестве ВВ в зоне действия взрыва до 6 метров расчетная скорость в верхнем направлении составит 31 см/с, что соответствует сохранению устойчивости комбинированного закладочного целика.

При массе одновременно взрываемого ВВ 80 кг, зоны деформаций массива составят:

- во фронтальном направлении действия взрыва радиус дробления составит 0,5 м, радиус трещинообразования 2 м (таблица 3.3.15);
- в верхнем направлении действия взрыва радиус дробления составит 0,3 м, радиус трещинообразования 1,1 м.

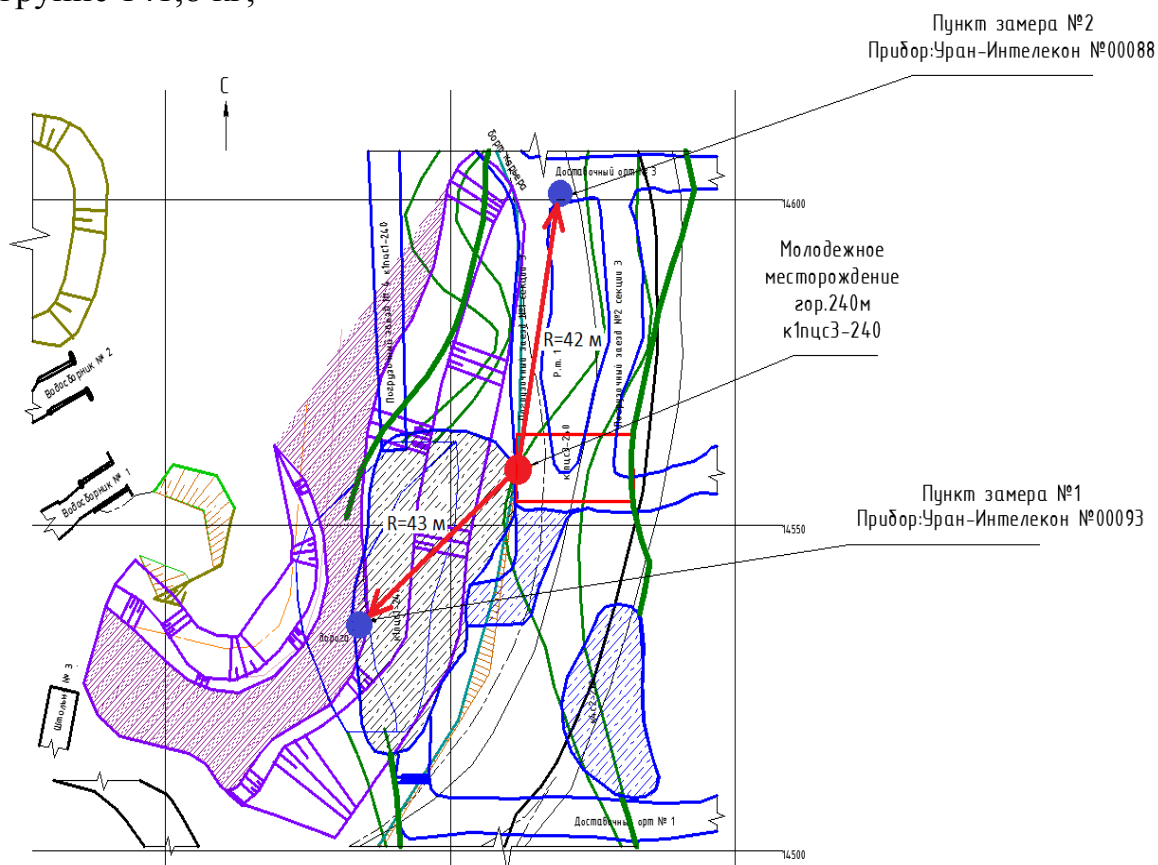
3. Для снижения сейсмического действия были запроектирован недобур до контура камеры на величину радиуса зоны дробления в верхнем

направлении в зависимости от массы ВВ в группе от 0,3 м до 1,5 м (выбирался ситуационно).

4. При отработке камерных запасов взрывные работы велись с поскважинным замедлением для скважин, примыкающих к закладочной кровле камеры. Оставшиеся скважины веера, примыкающие к породам всячего бока допускалось отбивать совместно не превышая 153 кг ВВ в группе

По мере отработки запасов разделительного целика в борту карьера специалисты ОАО «Уралмеханобр» вели постоянный контроль за ведением горных работ. В том числе осуществлялись инструментальные наблюдения интенсивности сейсмического действия взрыва при отбойке запасов камеры к1пцс3-240.

Записи сейсмических колебаний взрывов были осуществлены в апреле 2012 г при взрывании веера №2 (рис. 16). Веер разбуривался скважинами диаметром 89 мм, количество скважин в веере 9 (взрываемых 8), общая масса заряда ВВ 484,8 кг, число групп замедлений 5, максимальная масса заряда в группе 141,8 кг;



Условные обозначения:

- - пункты замеров;
- - взрываемый веер №2 к1пцс3 – 240 м.

Рис. 16. Ситуационный план расположения взрываемого веера в камере к1пцс3 – 240 и точки расположения сейсморегистраторов.

Параметры колебаний регистрировались в двух точках. В пункте замера №1 прибором Уран-Интеллектон №00093, в пункте замера №2 прибором Уран-Интеллектон №00088, расстояние до отбиваемого блока составило 42 м и 43 м соответственно.

Оценивалось влияние взрыва на уступы Восточного борта в целом.

Допустимая скорость колебаний пород Восточного борта при взрыве составила 11 см/с.

Полученные при замерах фактические уровни интенсивности сейсмических колебаний при взрыве обеспечивали условия сохранности Восточного борта и массивов пород и закладки при взрывании веера скважин с максимальной массой заряда в группе 141,8 кг, составив 5,46 см/с.

Прибортовые запасы руды разделительного целика успешно отработаны в течение первой половины 2012 года.

Расчётные нормативные размеры потерь и разубоживания руды для камер, расположенных в прибортовой части разделительного целика составили: потери – 6,6 %; разубоживание – 10,8 %.

Объем добытой руды с опытного участка в борту карьера составил 250 тыс. тонн. Фактические качественные показатели выемки руды: потери – 6,5%, разубоживание – 9,6%.