

Начальник отдела горной науки, Ю.А. Дик (ОАО «Уралмеханобр»)

Зав. лабораторией геотехнологии, А.В. Котенков (ОАО «Уралмеханобр»)

Опыт отработки запасов руды в бортах и дне карьеров при переходе с открытого способа разработки на подземный

В настоящее время на многих горнодобывающих предприятиях России и ближнего зарубежья сложилась ситуация, когда запасы руды, предназначенные для открытых горных работ, дорабатываются или уже отработаны. По окончании открытых работ, в прикарьерном пространстве обычно остаются прибортовые запасы руды, и запасы, расположенные под дном карьера, отработка которых может производиться только из подземных горных выработок. При переходе с открытых на подземные горные работы, для поддержания годовой производительности рудника также возникает необходимость совмещения во времени ведения работ в карьере и отработки запасов подземным способом.

Для отработки прибортовых и придонных запасов необходимо разрабатывать специальную технологию выемки руды, которая во многих случаях отличается от технологий, принятой на рудниках. Эта технология должна учитывать целый ряд условий:

- безопасность отработки рудных запасов,
- сохранность бортов карьера в устойчивом состоянии;
- минимальные показатели потерь и разубоживания руды.

Общепринятый способ отработки таких участков рудных тел подразумевает пригрузку борта карьера вскрышными породами и выемку руды под обрушенными породами, что неизбежно влечёт за собой увеличение потерь и разубоживания добываемой руды, до величин характерных для систем с обрушением, а так же по формированию породной пригрузки борта (внутреннего отвала).

Отделом горной науки института ОАО «Уралмеханобр» разработаны научные основы комплексного подхода в решении вопросов отработки отдельных участков месторождений со сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями. По отдельным проектам и разработанным методикам на опытно-промышленные испытания (ОПИ) разработан целый ряд технологических решений отработки участков, расположенных в бортах и дне карьера. Эти решения прошли успешную апробацию на рудниках, и доказали свою состоятельность.

Ниже приведены конкретные примеры научных и проектных решений, разработанных специалистами отдела горной науки института ОАО «Уралмеханобр», реализованные при отработке запасов руды на различных рудниках Урала.

На Сибайском месторождении в настоящее время завершены все открытые горные работы в карьере, борта карьера поставлены в предельное положение, а существующий съезд, расположенный на борту, используется в основном для доступа к штольням подземных горных работ. При этом в бортах карьера остались значительные запасы руды, отработка которых ограничивается необходимостью сохранения наклонного съезда и невозможностью транспортировки отбитой руды из чаши карьера. Для условий Сибайского карьера сотрудниками отдела горной науки ОАО «Уралмеханобр» был произведён анализ устойчивости борта карьера и разработана технология отработки прибортовых запасов руды с сохранением устойчивости бортов карьера. Выемка руды осуществлялась так называемыми рудными «прирезками» (открытыми камерами) вдоль борта карьера. Поперечный разрез отработанного участка приведён на рис. 1.

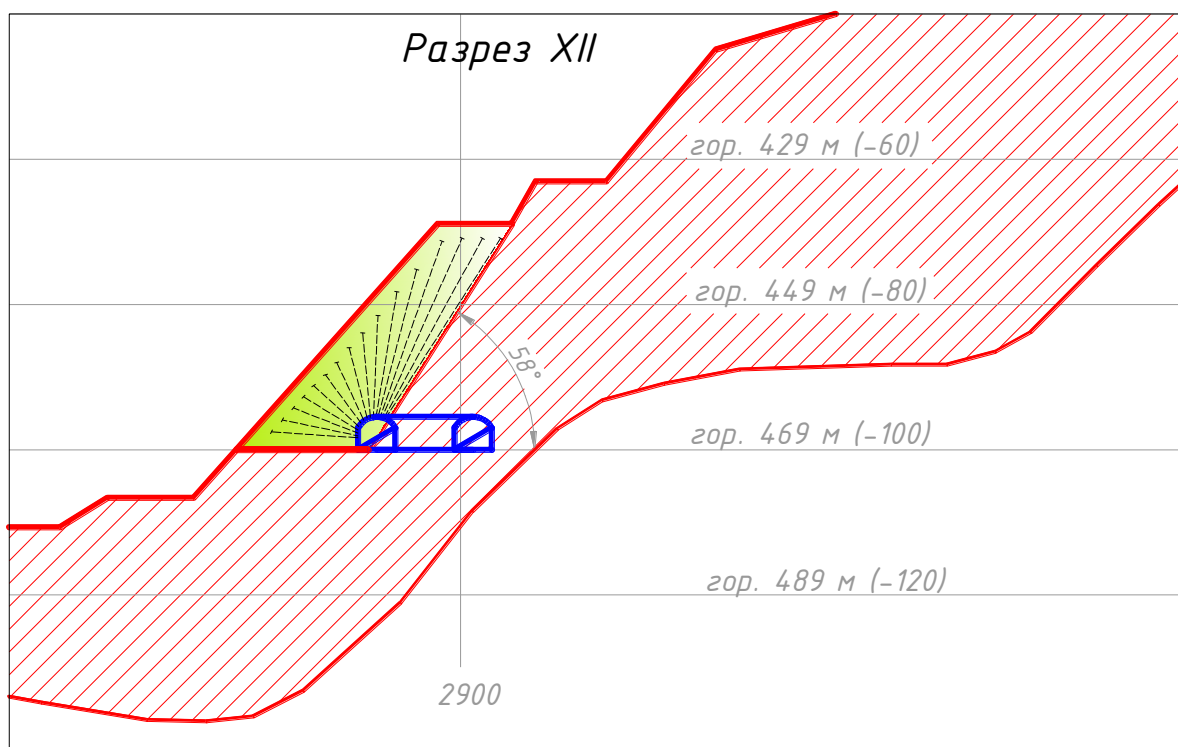


Рис. 1. Отработка прибортовых запасов на Сибайском подземном руднике.

Были проведены опытно-промышленные испытания данной технологии, в ходе ведения работ скорректированы параметров БВР, что позволило практически

полностью исключить разлёт взорванной рудной массы в пространство карьера. Выпуск руды производился только из подземных выработок, подводящих к очистному пространству опытной «прирезки» (открытой камеры). Потери и разубоживание руды, полученные по результатам отработки сопоставимы с величинами, характерными для систем разработки с закладкой.

Результаты отработки опытного участка приведены на рис. 2.



Рис. 2. Состояние горных работ на конец отработки опытного участка.

Доработка Учалинского месторождения в настоящее время продолжается как открытым, так и подземным способами. Основные запасы Учалинского месторождения ниже дна карьера (гор. 340 м) были отработаны подземным способом. Между открытыми и подземными работами по всей площади карьера был оставлен рудный целик, который, по сути выполнял функцию рудной потолочины между открытыми и подземными работами, толщина которой составляла от 10 до 15 м.

В последующем возникла необходимость доработки оставленных в потолочине (целике) запасов руды. На южном и северном флангах карьера запасы потолочины были отработаны открытым способом. Выемка этих запасов открытым способом на центральном участке (в месте сближенного расположения бортов на данном участке), осложнялась рядом факторов. Общеизвестно, что совмещение открытых и подземных работ на руднике является главным фактором, значительно осложняющим организацию

горных работ, как в пространстве, так и во времени. Кроме того, существует фактор ограниченности очистного пространства, невозможность разноса бортов вследствие вовлечения в разработку больших объемов вскрышных пород, большие углы откоса уступов (до 70⁰) и высота уступов (до 50 м), малая мощность рудного тела и ограниченные запасы руды на участке.

Учитывая выше перечисленные факторы, руководство Учалинского подземного рудника поставило перед специалистами ОАО «Уралмеханобр» задачу разработать технологические схемы выемки руды на центральном участке месторождения. Работы должны были вестись в условиях одновременного ведения работ на южном и северном участках карьера без разноса западного и восточного его бортов. Сохранение устойчивости бортов и обеспечение сохранности капитального съезда в карьере для транспортирования руды на поверхность должно обеспечиваться на весь период отработки центрального участка месторождения.

Наиболее важным было определиться с самой возможностью отработки запасов в данных условиях. Поэтому был произведён детальный анализ состояния самого рудного целика и бортов карьера. По результатам которого определена последовательность выемки запасов проектируемого участка, детально разработана технология и параметры выемки руды. Именно это позволило обеспечить безопасную геомеханическую обстановку как на самом обрабатываемом участке, так и на месторождении в целом.

Отработка запасов в пределах центрального участка, учитывая геомеханическое состояние массивов руды и бортов карьера, производилась как открытым способом, так и подземным (камерами с выходом очистного пространства в карьер). Раскройка центрального участка приведена на рис. 3 и 4.

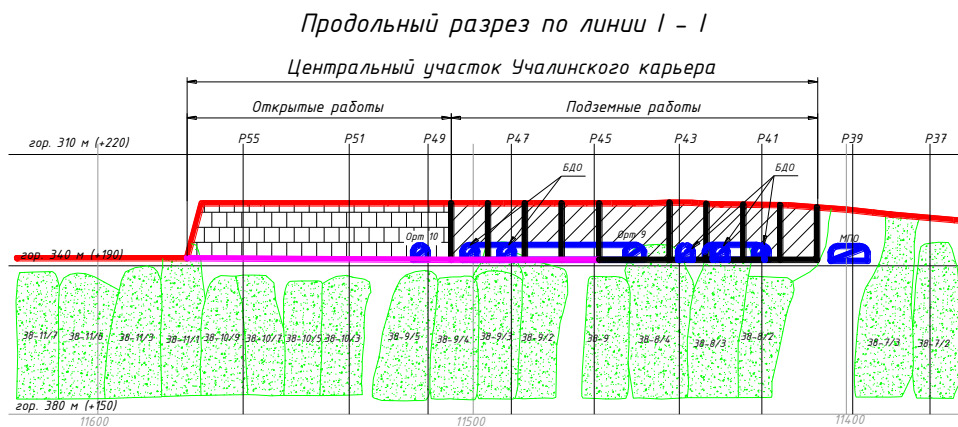


Рис. 3. Раскройка и отработка рудного целика на центральном участке Учалинского карьера (продольный разрез).

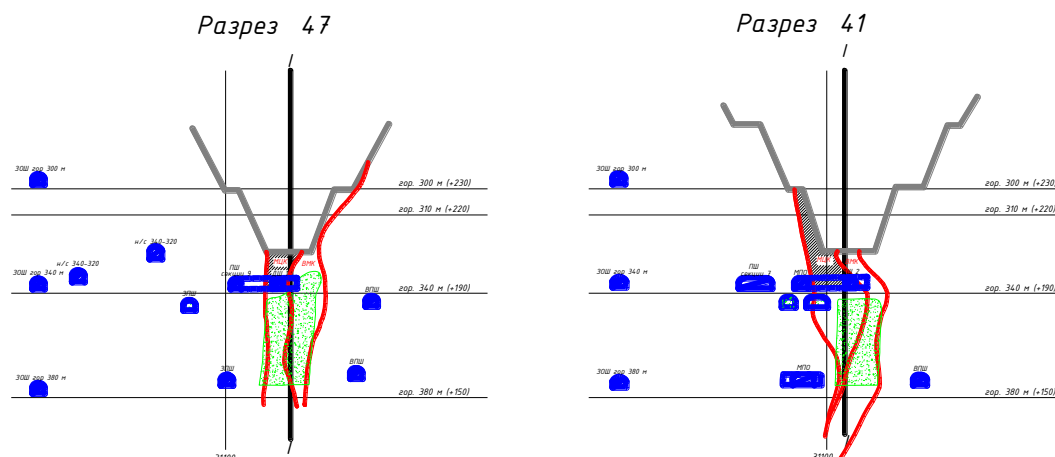


Рис. 4. Раскройка и отработка рудного целика на центральном участке Учалинского карьера (поперечные разрезы).

В настоящее время запасы руды в пределах участка полностью отработаны.

Одним из главных условий отработки участка являлось сохранение устойчивости бортов карьера и пройденного по ним капитального съезда. Общее состояние бортов характеризовалось как предельно устойчивое. Были рассчитаны максимально возможные параметры обнажений участков борта вдоль рудного тела, оценено влияние взрывных работ по уровню интенсивности сейсмических колебаний на борт карьера и по полученным результатам рассчитаны безопасные параметры ведения БВР. В процессе отработки запасов специалистами ОАО «Уралмеханобр» проводился постоянный контроль над ведением очистных и взрывных работ. Для этого осуществлялись замеры сейсмического воздействия взрывов на стенки камеры и борта карьера с помощью сейсмоприёмников (сейсмограмма одного из проведённых взрывов приведена на рис. 5). Полученные данные сейсмограмм сравнивались с рассчитанными предельно допустимыми значениями скорости колебаний для бортов карьера. Выдавались рекомендации по корректировке ведения взрывных работ.

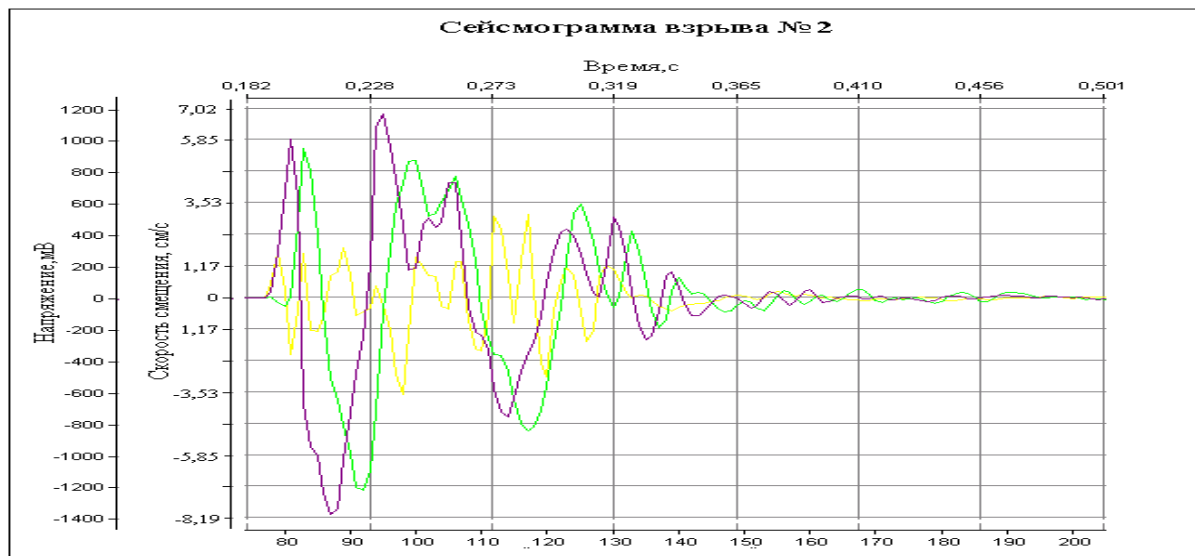


Рис. 5. Сейсмограмма технологического взрыва

Каких-либо осложнений в период отработки запасов на участке не было зафиксировано. Что говорит о правильности принятого порядка отработки и проектных решений, направленных на безопасную и эффективную выемку запасов центрального участка Учалинского месторождения.

При отработке запасов центрального участка месторождения горные работы на южном и северном участках карьера, а так же транспортировка руды по капитальному наклонному съезду в карьере не приостанавливались.

Ещё одним из примеров отработки нарушенных участков является опытно-промышленная отработка запасов Северной выклинки Учалинского месторождения в отметках горизонтов 300 – 340 м. Особенностью отработки Северной выклинки Учалинского месторождения является наличие локальных обрушений кровли и стенок отдельных камер с выходом воронок обрушения в борт карьера.

Главной целью проводимых исследований являлась максимально полная выемка руды на опытном участке с минимальным разубоживанием (снижением качества рудной массы). Именно этой цели подчинены все технические решения, принятые при составлении методики ОПИ на этот участок.

Отрабатываемый участок Северной выклинки как в плане, так и по вертикали имел незначительные размеры. С южной стороны он ограничен пространством карьера, с северной – локальной зоной обрушения камеры 34 – 013 и представляет собой обособленный рудный блок.

Главной целью проводимых исследований являлась максимально полная выемка руды на опытном участке с минимальным разубоживанием. Именно этой цели были

подчинены все технические решения, принятые при разработке методик ОПИ на этот участок.

Учитывая сложившуюся в пределах опытного участка горнотехническую обстановку, отработка запасов производилась в несколько этапов (рис. 6):

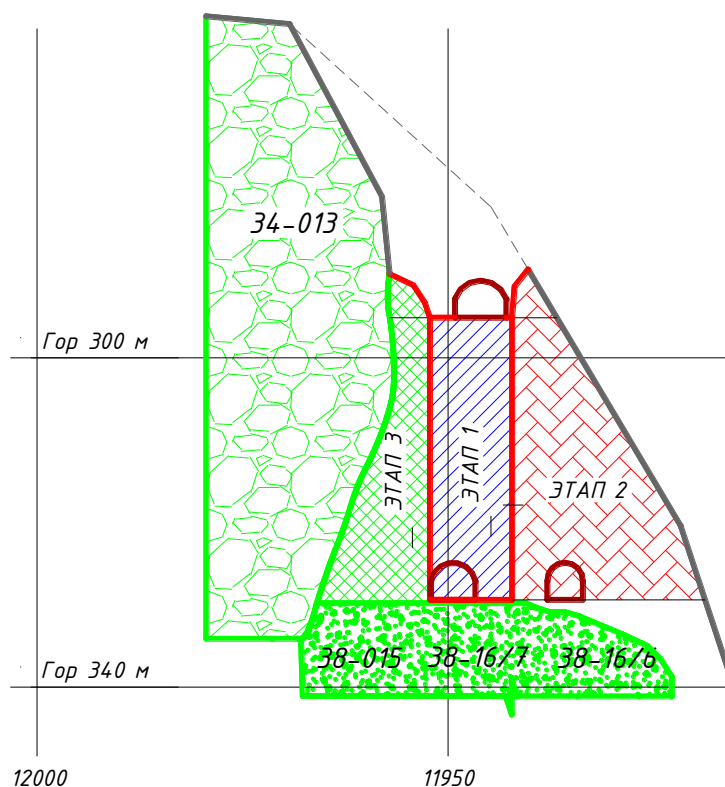


Рис. 6. Этапы отработки опытного участка.

ЭТАП 1 – отработка камеры (к. 34-014) по центру опытного участка и её закладка.

ЭТАП 2 – отработка запасов на контакте с пространством карьера (к. 34-015).

ЭТАП 3 – отработка временного рудного целика, оставленного между отработанной камерой и зоной обрушения (к. 34-016).

Запасы руды на первом этапе отрабатывались камерой 34 – 014, расположенной вкрест простирания рудного тела с применением системы разработки с камерной выемкой и закладкой, которая является основной системой разработки для отработки запасов на Учалинском подземном руднике.

Параметры опытной камеры первой стадии составили:

- ширина камеры – 10 м;
- длина камеры – равна мощности рудного тела и изменяется от 30 до 40 метров;
- средняя высота камеры – 35 м.

Первоначально планировалось осуществить отработку этой камеры с оставлением рудной потолочины, то есть без выхода очистного пространства в карьер, однако проведённые расчёты показали, что при отработке камеры существует большая вероятность обрушения потолочины. Было принято решение отрабатывать камеру первой очереди с выходом в очистное пространство карьера.

Расчётами была подтверждена устойчивость временного рудного целика между отрабатываемой камерой и зоной обрушения от камеры 34 – 013 для защиты её очистного пространства от проникновения пород из зоны обрушения.

Особое внимание при проектировании отработки было уделено параметрам БВР с точки зрения их влияния на массивы руды и пород, прилегающих к камере. Были определены радиусы зон разрушения и деформаций, в различных плоскостях действия взрыва по результатам расчётов даны рекомендации по ведению взрывных работ в камере.

Камера 34 – 014 (этап 1) отработана и заложена в соответствии с принятыми мероприятиями, её отработка была произведена без каких-либо нарушений приконтактных карьерных участков. Добыча руды по камере (этап 1) составила около 90 тыс. тонн руды.

Данная камера была успешно отработана и заложена. В соответствии с принятыми мероприятиями, её отработка была произведена без каких-либо нарушений приконтактных карьерных участков. Положение горных работ по окончании закладки камеры (этап 1) представлено на рис. 7.



Рис. 7. Положение горных работ по окончании закладки камеры (этап 1).

После набора прочности закладочным массивом в отработанной камере произведена отработка «рудного треугольника» (камера 34 – 015) между отработанной и заложеной камерой 34 – 014 и пространством карьера (этап 2).

Отработка этих запасов осуществлялась открытой камерой (прирезкой) вдоль борта карьера. Продольный разрез по камере 34 – 015 представлен на рис. 8.

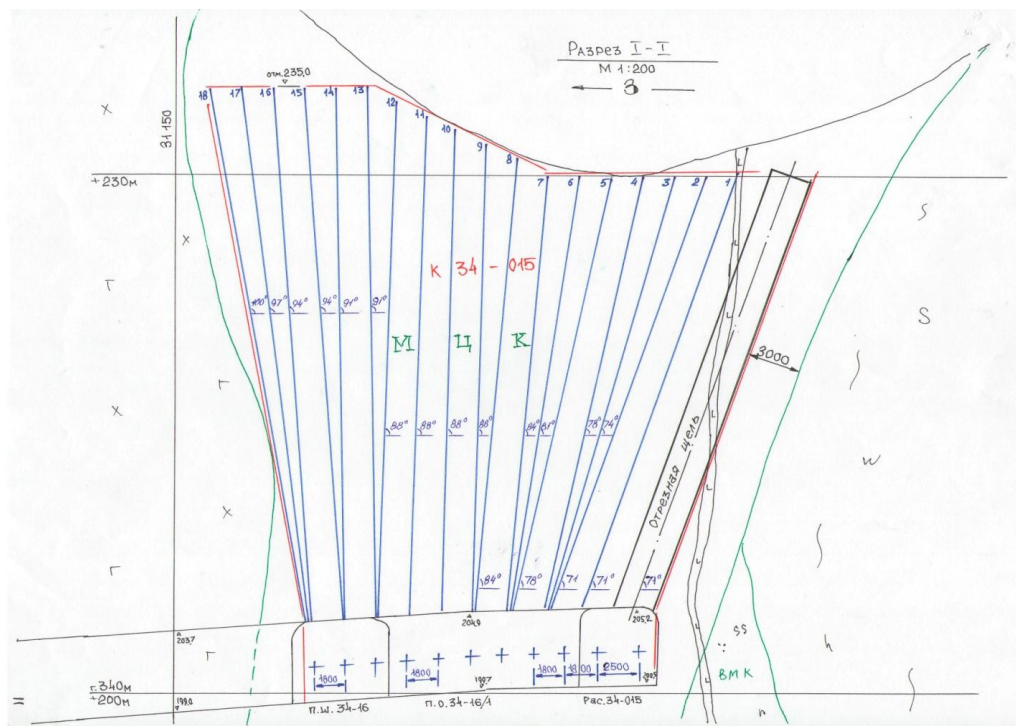


Рис. 8. Продольный разрез по камере 34 – 015 (этап 2).

После отбойки вееров 1÷7 было отмечено нарушение устойчивости погрузочного орта 34 – 16/1 (вывалы по кровле выработки), что требовало проведения работ по перекреплению нарушенных участков. Опасаясь за безопасность дальнейшего ведения горных работ, сохранность вееров взрывных скважин и возможность их заряжания было решено произвести отбойку оставшихся вееров (с 8 по 18) за один массовый взрыв, после чего произвести отгрузку руды из очистного пространства с помощью ПДМ с дистанционным управлением.

Специалистами отдела горной науки ОАО «Уралмеханобр» была произведена оценка возможности выемки оставшихся запасов руды таким способом с учетом влияния взрывных работ на борт карьера и закладочный массив камеры 34 - 014 при массовой отбойке руды в камере 34-015.

Были рассчитаны сейсмобезопасные параметры БВР. На основании этих расчётов был составлен проект производства массового взрыва, который предполагал отбойку вееров за один взрыв с ограничением массы заряда ВВ в группе введением соответствующих междувеерных и внутривеерных замедлений. Массовый взрыв успешно произведён в июле месяце 2010 года. Общая масса заряда ВВ составила 6560 кг граммотолы 15÷20 и 85 кг аммонита №6 ЖВ-200. Общий объём взрываемой руды составил 5670 м³ или 23912 тонн.

После отбойки закладочный массив камеры 34 – 014 находился в устойчивом состоянии. Борт карьера в районе опытной камеры находился в устойчивом состоянии. Сползания обрушенных пород, находящихся на борту карьера не происходило.

Запасы отбитой руды отгружались из подземных выработок с помощью машин с дистанционным управлением.

Положение горных работ по ходу этапа 2 представлено на рис. 9 и 10. В целом из камеры 34 – 015 отгружено 72 тыс. тонн руды.



Рис. 9. Положение горных по ходу отработки запасов камеры 34 – 015 (этап 2).



Рис. 10. Отгрузка руды с помощью ПДМ с дистанционным управлением (этап 2).

По окончании отгрузки руды из камеры 34 – 015 (этап 2) была произведена пригрузка участка борта Северной выклинки в отметках горизонтов 300 – 340 метров вскрышными породами (рис. 11).



Рис. 11. Положение горных работ после окончания пригрузки борта.

К отработке запасов камеры 34 – 016 приступили после пригрузки борта карьера. Учитывая её примыкание к зоне обрушения камеры 34 -013 отработку запасов планировалось осуществлять системой разработки подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды. В торце была образована отрезная щель, которая должна была заполниться обрушенными породами из зоны обрушения, но при вскрытии этой зоны стенкой камеры слагающая её спечённая горная масса, частично проинъецированная твердеющей закладкой, сохранила свою устойчивость. Дальнейшая отбойка запасов камеры велась уже на свободное компенсационное пространство. В настоящее время горные работы в камере 34 – 016 (этап 3) закончены. Осуществляется закладка выработанного пространства камеры 34 – 016. Из камеры добыто порядка более 44 тыс. тонн руды.

По ходу ведения горных работ на опытном участке в отметках 300 – 340 метров, а так же по окончании каждого этапа совместной комиссией в составе технического руководства рудника и специалистов ОАО «Уралмеханобр» производился анализ:

- состояния горных работ на участке;
- устойчивости борта карьера на участке Северной выклинки
- состояния рудного массива и прилегающих пород и др.

По результатам анализа определялась последовательность продолжения работ на опытном участке. В проектную документацию вносились изменения, направленные на обеспечение безопасности горных работ и полноту выемки руды.

Проведённые горные работы показали правильность принятых в методике ОПИ технических решений, направленных на обеспечение наиболее полной выемки руды и безопасности технологических процессов при выемке запасов руды.

В ближайшее время планируется использовать накопленный опыт по отработке прибортовых и придонных запасов руды при разработке рекомендаций по доработке разделительного рудного целика, расположенного в дне карьера на Молодёжном месторождении (ОАО «Учалинский ГОК»).

Использование нестандартных технических решений при проектировании конкретных участков месторождений позволяет обеспечить безопасность ведения работ, снижение затрат на добычу руды, а так же поддержать производительность рудника на необходимом уровне.