

УДК 622.831

Г.В. Шубин, Б.Н. Заровняев, В.С. Сорокин

МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОГО СОСТОЯНИЕМ ОТКОСОВ И БЕРМ БОРТОВ КАРЬЕРА «УДАЧНЫЙ»

В результате комплексного мониторинга выявлены группы природных, мерзлотных и технологических факторов, влияющих на безопасное состояние откосов и берм бортов карьера «Удачный». Приведены результаты многолетних наблюдений относительных смещений приоткосных трещин. Установлены динамика и амплитуды сезонных колебаний мощности деятельного слоя и динамика усредненных годовых скоростей сработки верхней бровки уступов.

Ключевые слова: карьер, мониторинг, факторы, природные, мерзлотные, технологические, откосы уступов, бермы бортов, обследования, приоткосные трещины, массив, рабочая зона, температурные наблюдения, динамика, график, термоскважина, сработка верхней бровки..

Карьеры алмазных месторождений Якутии являются одними из наиболее глубоких рудных карьеров России. Закономерно, что с ростом глубины разработки месторождения усложняется организация и повышается опасность ведения горных работ. Одним из важнейших условий безопасного ведения горных работ на сверхглубоких карьерах является четкое соблюдение последовательности и порядка постановки нерабочих уступов в предельное положение, для обеспечения необходимой их сохранности, и поддержания устойчивого состояния уступов и берм бортов заданных размеров и параметров на весь срок их эксплуатации.

В связи с тенденцией дальнейшего роста глубины горных работ на глубоких карьерах наблюдается развитие и усиление таких технологических осложнений и негативных явлений как:

- уменьшение параметров рабочей зоны карьера;
- увеличение высоты нерабочих уступов;

– активизация деформационных нарушений, разрушение откосов уступов и интенсивное заполнение осыпями предохранительных берм за счет процессов выветривания и регулярных технологических воздействий на многолетнемерзлый массив;

Нарушение устойчивости и потеря сохранности уступов и берм на карьере зависит от целого ряда взаимосвязанных факторов, которые можно условно разделить на следующие группы:

- 1) геологические и гидрогеологические;
- 2) мерзлотные;
- 3) технологические.

Каждая из указанных групп факторов присуща в той, или иной степени, для большинства карьеров. Для глубоких карьеров, расположенных в зоне распространения многолетнемерзлых горных пород, с суровым климатом, приходится сталкиваться с комплексом вышеуказанных групп факторов, которые нередко тесно взаимосвязаны и имеют определяющее влияние на безопасность производства горных работ.

Из геологической и гидрогеологической группы факторов для большинства алмазных месторождений Якутии, как правило, в первую очередь следует отметить достаточно неоднородное строение вскрышных уступов. Даже в пределах высоты одного уступа встречаются перемежающиеся слои из доломитов, известняков, алевролитов, мергелей и др., имеющие большие различия в прочностных показателях (f от 2 до 7 и выше), а следовательно они в различной степени подвержены разрушениям при внешних воздействиях (выветривание, размыв, ударные, динамические нагрузки и т.п.). Неоднородность вскрышных уступов ведёт к потере устойчивости и их сохранности за счёт быстрого разрушения более мягких, менее прочных слоёв горных пород. Это приводит к перераспределению горного давления, а следовательно к нарушению его естественного состояния.

Не менее важным геологическим фактором, негативно влияющим на сохранность нерабочих уступов, является трещиноватость массива горных пород. Не учёт данного свойства горных пород, активно влияющего на всю технологическую цепочку горного производства (от бурения до процессов переработки), в значительной мере определяет в целом эффективность горных работ.

Следует отметить, что наличие сложной гидрогеологической обстановки в районе месторождений, разномерной блочности и трещиноватости массива, сурового климата и другие факторы, многократно усиливают влияние каждого из вышеперечисленных факторов, как в отдельности, так и во взаимосвязи друг с другом.

Наряду с природными факторами не менее значимы для обеспечения безопасных условий ведения горных работ и так называемые технологиче-

ские факторы (отмечены выше), всецело зависящие от результатов деятельности предприятия. Правильный учёт природных факторов, грамотное и корректное решение технических, технологических и организационных задач, регулярный их мониторинг и всесторонний контроль во многом помогает избегать негативных явлений, возникающих при разработке и доработке глубоких алмазных месторождений.

Анализ результатов многолетних наблюдений [1-6] по визуальным обследованиям уступов и берм бортов карьера, характерному поведению приоткосных трещин, динамике изменения мерзлотного состояния массивов и практических величин сработки верхней бровки опытных участков на карьере приведены ниже.

Всего за весь период наблюдений с 2001 года по третий квартал 2009 года, по бортам и бермам различной конфигурации, выявлено порядка 400 различных нарушений целостности уступов, по основной части которых принимались инженерные меры предупреждения инцидентов.

На основании регулярно проводимых обследований и визуальных наблюдений за состоянием откосов уступов и берм бортов карьера «Удачный», а также, учитывая статистику различных нарушений по его бортам, на протяжении последних нескольких лет отмечены некоторые локальные участки по бортам различной экспозиции, которые могут быть отнесены к потенциально опасным из-за высокой вероятности возникновения на них различных видов нарушений.

Традиционно опасным [1] по образованию заколов и нависей с их последующим, как правило, обрушением (самообрушением) особенно в периоды сезонной активности является участок западного борта в районе сверх-



Рис. 1. Участок западного борта (гор. +160 м - +70 м), отрыв блока от массива, вывал 01.08.09 г.



Рис. 2. Участок северо-западного борта карьера, гор.- 170 м...-245 м (место выхода прибортового целика, сброс шахтных вод)

высокого уступа (гор.+160 м +70 м). Подтверждением вышесказанного может служить крупный вывал, произошедший на данном локальном участке борта 01.08.2009 года (рис. 1).

Кроме того, к потенциально опасным следует отнести участки выхода прибортовых рудных целиков на поверхность нерабочих уступов, как по северному, так и южному бортам карьера (рис. 2-3).

Многолетний анализ и систематизация выявленных нарушений пока-

зал, что наиболее часто встречающимися видами нарушений на откосах уступов являются заколы (ликвидируются в первую очередь), карнизы, нависы, пустоты в откосах от отделившихся при обрушении частей массива, которые проявляются практически по всем бортам, чаще - ниже уровня гор.+160 м.

Систематический учёт данных по статистике выявленных нарушений отдельных локальных участков по бортам карьера «Удачный», позволил выявить и отнести к разряду потенциально опасных, ряд участков отмеченных выше. Данные участки требуют к себе повышенного внимания и постоянного контроля за состоянием уступов и берм в течение полного годового цикла наблюдений.

За период наблюдений [2, 3] до 2009 года на карьере «Удачный» контроль за относительным смещением приоткосных трещин осуществлялся из 6 стационарных точек в пределах выработанного пространства карьера. Они размещались на предохранительных бермах горизонтов +160 м; -35 м; -170 м и были предназначены для фиксирования проявления активности наиболее характерных масштабных трещин в различные периоды времени. Показания снимались при помощи 7-ми механических датчиков установок «УЛИСТ», размещённых на наиболее ответственных участках.



Рис. 3. Участок юго-западного борта карьера, гор.-125 м...-245 м (место выхода прибортового целика)

Практически для всех наблюдаемых трещин было отмечено сезонное чередование периодов сжатия и расширения, которые перемежаются периодами относительной стабилизации. Продолжительность каждого отдельного периода зависит как от погодных условий, так и в достаточной степени от внешних факторов, ускоряющих или замедляющих отдельные фазы процессов, происходящих в породном массиве.

Как показал анализ результатов многолетних наблюдений относительных смещений по различным трещинам, тектонические и межблоковые трещины намного активнее внутриблоковых трещин. Так диапазон показаний сжатия-расширения межблоковых трещин изменяется от 3,0 мм, до 10,0 мм. и более в течение года. Воздействие техногенных факторов оказывает существенное влияние на активность и особенности поведения таких приоткосных трещин. Внутриблоковые трещины менее подвержены влиянию внешних, техногенных факторов (взрывы в карьере, применение динамических и другого вида нагрузок) и значительно быстрее восстанавливают прежнее состояние, чем

межблоковые трещины. Диапазон расширения-сжатия внутриблоковых трещин редко достигает 1,0-3,0 мм в год.

С глубиной, по мере уменьшения размеров рабочей зоны карьера, т.е. приближением уступов бортов до мест ведения взрывных работ, активность трещин возрастает. Породные блоки подвергаются расшатыванию и постепенному сдвигению внутрь карьера. Данное предположение можно выдвинуть, анализируя поведение трещины оборудованной датчиком №6 в периоды проведения взрывных работ, в непосредственной от неё близости.

Кроме того, при воздействии на поверхность массива горных пород тяжёлой карьерной техники, трещины внутри массива сжимаются практически до полного смыкания их стенок. Одновременно с этим, как в зоне разгрузки (поверхность откоса уступа), так и в зоне бортового отпора (нижняя часть уступа) происходит активное расширение существующих трещин, нередко с образованием новых трещин на поверхности бермы.

В настоящее время температурные наблюдения на карьере «Удачный» осуществляются по 11 термоскважинам. В октябре 2008 года специалистами «Ингортеха» (г. Екатеринбург) произведён монтаж специального оборудования для автоматизированного температурного контроля двух участков берм северного борта карьера (гор. – 170 м и гор. +115 м). На указанных участках, в общей сложности, оборудовано пять термоскважин с 15-ти и 20-ти метровыми термогирляндами. В 2009 году температурный контроль осуществлялся по остальным

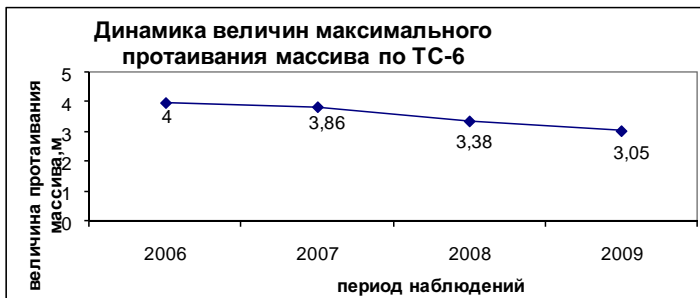


Рис. 4. Динамика протаивания массива участка бермы южного борта (гор. +115 м)

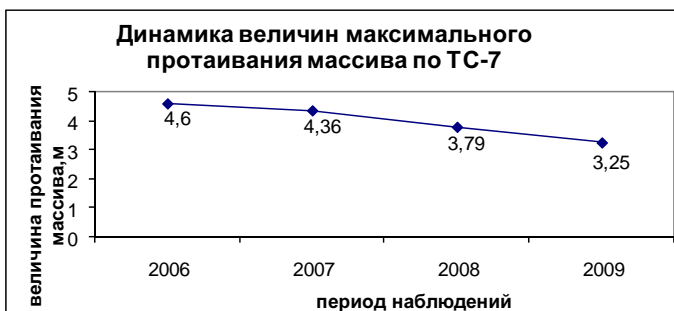


Рис. 5. Динамика протаивания массива участка бермы западного борта (гор. +70 м)

6-ти термоскважинам, расположенным на предохранительных бермах горизонтов +115 м, +70 м и -35 м южного и западного бортов карьера.

На рис. 4, 5 представлены характерные графики динамики величин максимального протаивания массива участков берм по результатам температурных замеров по термоскважинам (ТС- 6,7) размещённым по разным горизонтам и бортам карьера за последние четыре года наблюдений (2006 - 2009 гг.) [3].

Приведённые выше графики наглядно иллюстрируют определённую тенденцию, связанную с заметным уменьшением величин максимального

годового протаивания, выраженную в заметном охлаждении породного массива (аккумуляции холода) за последние годы наблюдений [4].

По результатам проведённых натуральных наблюдений на определенных участках бортов карьера за последние годы установлены динамика и амплитуды сезонных колебаний, мощности деятельного слоя, а также вероятность возникновения и формирования таликовых зон в многолетнемерзлом массиве. Данные наблюдения являются основой для разработки при необходимости кон-

кретных технических предложений и мероприятий по сохранению в безопасном состоянии уступов и берм контролируемых участков бортов карьера [3, 4].

Многолетние регулярные наблюдения за скоростью сработки верхней бровки откоса уступов южного борта карьера «Удачный» производятся с осени 2003 года. Данные наблюдения осуществляются на двух опытных участках (№ 1 и № 2), расположенных на предохранительных бермах горизонтов -35 м и -125 м южного борта карьера. Указанные опытные участки оборудованы на всём их протяжении, соответственно, 18 и 13 реперами [5].



Рис. 6. Динамика сработки верхней бровки уступа на участке № 1

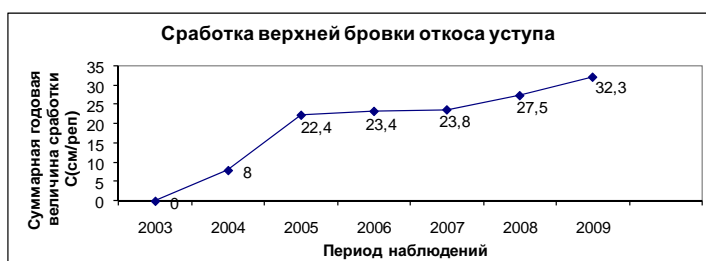


Рис. 7. Динамика сработки верхней бровки уступа на участке № 2

На рис. 6 и 7 представлены в виде графиков усреднённые расчётные величины сработки (С) верхней бровки уступов, отнесённые к общему числу реперов на соответствующих опытных участках берм карьера за весь указанный период наблюдений. Усреднённые расчётные величины сработки верхней бровки откоса уступа по опытным участкам № 1 и № 2 в 2009 году составил, соответственно, 26,7 и 32,3 см/реп.

Анализ полученных результатов по представленным на рисунке графикам наглядно иллюстрирует динамику усреднённых годовых скоростей сработки верхней бровки, приведённой в сантиметрах на один репер. Так, если

на участке № 1 (породном) отмечалось стабильное значительное приращение скорости сработки в течение всего периода наблюдений (практически до 2007 года), с её относительной стабилизацией в последние три года, то очевидно, что для участка № 2 (рудном) средняя скорость сработки за весь период наблюдений имеет стабильное увеличение. Необходимо отметить, что замеряемая величина сработки имеет несколько субъективный характер, так как процесс выветривания охватывает всю площадь откоса уступа, а не только её верхнюю бровку.

По результатам комплексного мониторинга состояния откосов уступов и берм бортов карьера «Удачный» необходимо отметить, что за рассматриваемый период наблюдений не отмечено крупных деформационных проявлений массива его бортов, не зафиксировано критических скоростей деформационных смещений по контролируемым трещинам и образование долговременных таликовых зон на ответственных участках берм. Величина сработки верхней бровки откосов уступов на опытных участках берм, как правило, не значительно превышала значений предыдущих лет наблюдений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шмырко А.Н., Александров И.Н., Шубин Г.В. и др. Разработка системы мониторинга для безопасного ведения горных работ в условиях карьера «Удачный» / М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 3 – С. 251-259.
2. Александров И.Н., Шубин Г.В., Кирюшин Д.И., Заровняев Б.Н. Инструментальный контроль относительных деформаций смещений приоткосных трещин на карьере "Удачный" // М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 6 – С. 20-23.
3. Александров И.Н., Шубин Г.В., Кирюшин Д.И. Особенности динамики относительных деформаций смещения приоткосных трещин на карьере «Удачный» // М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 5 – С. 95-98.
4. Александров И.Н., Шубин Г.В., Кирюшин Д.И., Заровняев Б.Н. Мониторинг теплового режима массива уступов карьера «Удачный» // М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 7 – С. 11-13.
5. Дроздов А.В., Шубин Г.В., Кирюшин Д.И. Изменение температурных полей в криолитозоне при отработке алмазных месторождений Западной Якутии открытым способом (на примере трубки Удачной)//Журнал «Криосфера Земли», 2007, т. XI, № 4. – С. 3-14.
6. Александров И.Н. Создание безопасных условий отработки сверхглубоких карьеров Якутии: (на примере доработки карьера трубки «Удачная») / И.Н. Александров, А.Н. Шмырко, Г.В. Шубин, Д.И. Кирюшин. – Новосибирск: Наука, 2005. – 180 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Шубин Григорий Владимирович – доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой ОГР, горного факультета СВФУ;
Заровняев Борис Николаевич – профессор, доктор технических наук, декан горного факультета СВФУ;
Сорокин Владимир Степанович – доцент кафедры ОГР, горного факультета СВФУ.



**ДИССЕРТАЦИИ
ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ
ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ**

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НОВОЧЕРКАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)			
ВЯЛЬЦЕВ Александр Владимирович	Разработка метода оценки риска возникновения пожаров и снижения пожарной опасности на угольных шахтах Восточного Донбасса	05.26.03	к.т.н.