

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ АЛМАЗНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*А.Н. Акишев, В.Ф. Колганов, АК АЛРОСА (ОАО) Якутнипроалмаз, Россия
Б.Н. Заровняев, Г.В. Шубин, И.Н. Гоголев, Северо-Восточный федеральный университет
им. М.К. Аммосова, Россия*

Аннотация

Неблагоприятные горнотехнические условия разработки, углубление открытых горных работ на основных алмазородных месторождениях потребовали высокие темпы инновационного развития технологии горных работ. Предельная глубина открытых горных работ для крупных кимберлитовых карьеров может достигать 850 метров. При этом одним из направлений решения проблемы является обеспечение работы глубоких кимберлитовых карьеров с крутыми углами откоса уступов и бортов, что является исключительно сложной инженерной и организационной задачей.

Разработка кимберлитовых трубок является одним из приоритетных направлений в освоении месторождений полезных ископаемых. В настоящее время основные объемы добычи производятся открытым способом, где средневзвешенная глубина действующих алмазородных карьеров достигает 273 м. Максимальная глубина карьеров достигла 640 м и в перспективе будут углубляться до 720 м и более. В связи с этим, практически все кимберлитовые карьеры находятся в стадии реконструкции и рассчитаны на предельную по горнотехническим условиям глубину и производительность по добыче руды. При этом скорость понижения горных работ увеличена с 11,6–15 до 20–24,5 м/год, т. е. более чем в два раза. Продольные уклоны транспортных берм, прежде всего в глубинных частях карьеров, увеличены с 8 до 15–25%. Карьеры обрабатываются поэтапно путем использования промежуточных контуров, количество которых достигает на крупных карьерах 4–5.

В рамках выполнения проекта «Создание комплексной экологически безопасной инновационной технологии добычи и переработки алмазоносных руд в условиях Крайнего Севера» (совместно АК ЛАРОСА (ОАО) и СВФУ им. М.К. Аммосова) ведутся исследования по созданию новых способов вскрытия и разработки месторождений алмазов, включающие разработку и внедрение технологии безопасной выемки руды с использованием комплекса горно-транспортного оборудования с дистанционным управлением и новых способов формирования рабочей зоны карьеров. В направлении открытых горных работ планируется выполнение мероприятия «Разработка и внедрение новых принципов отработки сверхглубоких карьеров». Вскрытие крутонаклонными транспортными съездами и углубочными комплексами горнотранспортного оборудования рассмотрено на карьере «Удачный» для разноса восточного борта карьера в отм. -42 м/-150 м с применением шарнирно-сочлененных самосвалов САТ-740 с перегрузкой на гор.+70 м. Мероприятие обеспечивает снижение объема вскрыши на 8,0 млн.м³ по сравнению с традиционным способом вскрытия и кроме того, срок вскрытия запасов сокращается с 6 до 3 лет. Технология использована в проекте «Отработка карьера «Удачный» до отм.-320 м с доработкой рудных целиков».

При этом, одним из перспективных направлений является разработка новых конструкций уступов и бортов карьеров с учетом естественных или искусственно упрочненного массива горных пород, в первую очередь для карьера «Удачный». Это позволит снизить коэффициент вскрыши и увеличить полноту выемки руды открытым способом.

Предлагаемые технические решения рассмотрены применительно к формированию нижней части карьера «Ботуобинский» и будет внедрена при проектировании отработки трубки «Ботуобинская» до отм. -330 м, что обеспечивает значительное (до 25%) снижение коэффициента вскрыши. Также предлагается использование внутрикарьерного отвалообразования с

одновременным созданием из этих пород отсыпного съезда обеспечивающего транспортную связь с дном карьера при доработке рудных уступов открытым способом на карьере «Удачный».

Создание отвала вскрышных пород, размещаемого на дне карьера, обеспечивает снижение плеча откатки и экологической нагрузки на окружающую природную среду это позволит сократить объемы грузоперевозок на руднике «Удачный» на 25-30 млн. тонно-километров.

Завершение открытых горных работ на основных алмазородных месторождениях и необходимость перехода на некоторых из них на подземный способ добычи в сложных геотехнологических условиях севера обуславливает необходимость индивидуального подхода к стратегии и технологии освоения каждой трубки. Кроме того, в отработку стали вовлекаться месторождения с неблагоприятными горнотехническими условиями – большой глубины залегания, сложной геометрией рудных тел и низким содержанием алмазов, рентабельная отработка которых может быть обеспечена в первую очередь высоким темпом технологического развития.

Учитывая создавшееся положение АК "АЛРОСА" (ОАО) еще с 1997 года были инициированы масштабные исследования по поиску новых решений по отработке глубоких алмазородных карьеров. В ходе исследований было установлено [1], что предельная глубина открытых горных работ для крупных кимберлитовых карьеров может достигать 850 метров. Однако освоение таких глубин открытым способом технически трудноосуществимо, так как требует значительного увеличения имеющихся горно-транспортных мощностей на относительно непродолжительный период времени. В этих условиях целесообразно использование потенциала открытого способа разработки для проведения углубочных работ ниже проектного дна карьера с минимально возможным разносом его бортов путем использования специальной технологии и горного оборудования.

Как известно, при разработке крутопадающих месторождений открытым способом затраты на добычу с глубиной увеличиваются и требуют повышения затрат на их извлечение и транспортировку. Решение, в этом случае, заключается в поиске комплекса научно-технических решений, обеспечивающих предотвращение или уменьшение негативного влияния роста глубины карьера на технико-экономические показатели разработки.

Предлагаемый ломано-выпуклый профиль борта для предварительного анализа охарактеризован эквивалентным углом наклона, т.е. углом наклона такого плоского борта, который приводит к такой же вскрыше, что и выпуклый борт. Для алмазных карьеров эквивалентный угол достигает 50-55°. Практическая реализация такого профиля требует уменьшения заложения откоса. Это достигается применением спиральных съездов крутого уклона, использованием наклонных предохранительных берм, отстройкой высоких и крутых уступов, уменьшением ширины всех берм до минимально допустимой величины.

Известен способ [2], обеспечивающий резкое уменьшение объемов вскрышных работ в контуре карьеров. Сущность заключается в том, что отстройку нерабочего борта ведут с промежуточной глубины вписывая технологический борт в равноустойчивый профиль, имеющий обоснованный коэффициент запаса, выше проектного дна карьера на высоту устойчивого участка борта или уступа под технологическим углом погашения и смещенного на этой высоте от контакта рудного тела в горизонтальном положении на величину определяемую перспективными технологическими параметрами борта в нижней части.

Еще одним перспективным направлением является разработка по отстройке сверхвысоких уступов. Отстройка нерабочих уступов на карьерах ведется с предварительным щелеобразованием, а потому, их предельная высота во многом зависит от параметров буровых станков, которые используются на бурении контурных скважин. В настоящий момент имеется положительный опыт отстройки нерабочих уступов, имеющих сплошной гладкий профиль высотой до 60 м. При этом экранирующая щель создается на 3/4 высоты уступа. Создание экранирующей щели глубиной более 45 м, с использованием существующего на данный момент в компании оборудования технологически трудноосуществимо. Это не позволяет отстраивать уступы прямого профиля высотой более 60 м, поскольку невозможно обеспечить каче-

ственную их заоткоску. Однако, в компании "АЛРОСА" имеется положительный опыт применения уступов выпукло-ломаного профиля высотой до 45 м (заоткоска ведется в два этапа - верхняя часть уступа, высотой 30 м, отстраивается наклонно под углом 75°, а нижняя часть высотой 15 м, отстраивается вертикально, результирующий угол такого уступа составлял около 80°). Аналогичным образом технологически возможно отстраивать уступы высотой более 60 м. Отстройка нижнего уступа карьера по контакту рудного тела и сооружение временного съезда в границах рудного тела позволяет исключить разнос борта и уменьшить объем вскрыши.

В этих условиях становятся особенно актуальными новые подходы к анализу и оценке проблем текущего и перспективного (долгосрочного) развития горных работ с выработкой эффективных научно-практических и проектных решений по обеспечению конкурентоспособности алмазов России в современных экономических условиях. В этом плане приоритетной задачей текущего этапа следует считать модернизацию техники и технологию открытых горных работ.

Новым направлением к решению научно-методических, проектных и практических задач совершенствования и интенсификации открытых горных работ стало широкое применение компьютерных геоинформационных технологий (ГИС-технологий). Построение адекватных математических моделей горно-геологических объектов, формализованное математическое описание горно-геометрических задач и разработка оптимизационных методов их решения позволяют наиболее полно выявить объективные характеристики как месторождений, так и открытого способа их разработки. Созданные модели месторождений алмазов отражают фактическое состояние горных работ, распределение алмазов в пространстве рудного тела, физико-механические характеристики кимберлитов и вмещающих горных пород и являются основой для всех дальнейших проектных разработок и экономических расчетов.

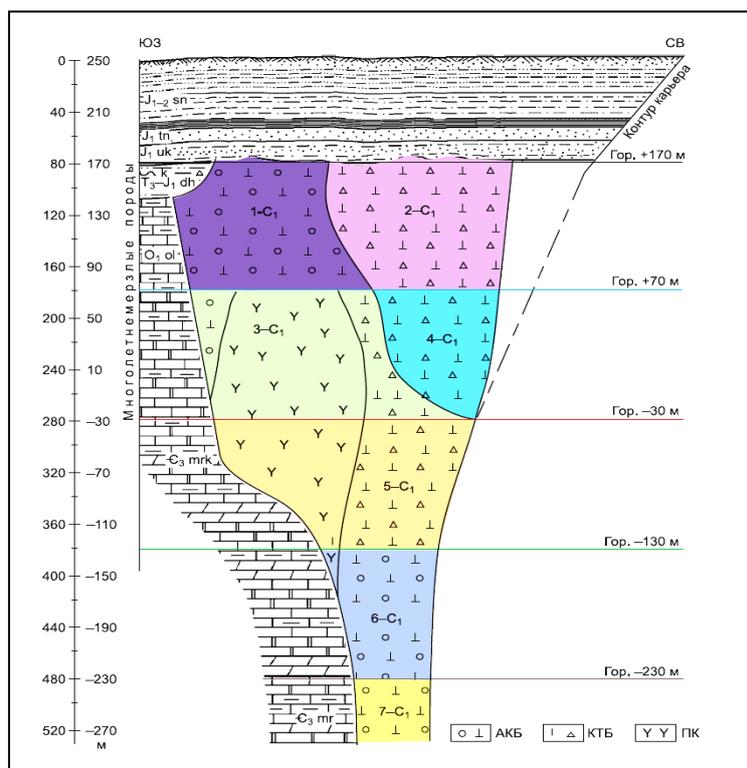


Рис. 1. Геологический разрез месторождения «Ботуобинская»

Одной из важных задач, решаемых на основе применения ГИС-технологий, является оптимизация параметров сверхглубоких карьеров. Ее решают по результатам моделирования рудного тела с учетом данных по его строению и содержанию алмазов, а также построения

контура карьера на заданный период. Стадия оптимизации является важнейшим предпроектным этапом для проектирования каждого карьера, а также уточнения в процессе горных работ стратегии их развития при изменении базовых экономических показателей предприятия. Большинство обрабатываемых кимберлитовых карьеров относится к разряду глубоких с большим периодом функционирования [3].

В проектах новых и глубинных (придонных) частей действующих карьеров параметры нерабочих уступов отстраивают из расчета предельных значений прочностных свойств пород – высотой 45–60 м, с полигональным профилем откоса под углом 80°. Существенные изменения внесены в схемы вскрытия: при отстройке бортов карьеров не используют наклонные бермы – их заменили сочетанием крутонаклонных и горизонтальных берм, а транспортные коммуникации по нерабочим бортам на 60–80 % представлены системой встречных съездов, в том числе с однополосным движением автотранспорта. Широкое внедрение гидравлических экскаваторов с прямой и обратной лопатой потребовало также корректировки параметров системы разработки и конструкций рабочих уступов. Все проектируемые карьеры рассчитаны на предельную по горнотехническим условиям производительность по добыче руды. Установление максимальных значений естественной несущей способности прибортовых массивов горных пород и обоснование коэффициентов запаса устойчивости бортов с учетом влияния техногенных и природных факторов позволили проектировать оптимальные профили бортов карьеров и отстраивать их с углами наклона нерабочих бортов до 56°. В зависимости от мощности (поперечного сечения) рудного тела и ценности руды проектная глубина карьеров соответствует граничному коэффициенту вскрыши 19–24 м³/м³.

Анализ существующего положения и прогнозов мирового рынка алмазов показывает, что разработка низкоценных кимберлитов даже открытым способом может быть конкурентоспособной лишь при снижении себестоимости добычи и переработки руды в 1,5–2 раза. Это возможно при существенном снижении коэффициента вскрыши, приближении пунктов первичного обогащения непосредственно к забоям и селективной выемке руды.

Таким образом, горно-геологические, технологические и экономические изменения условий разработки алмазородных месторождений требуют поиска новых подходов, нестандартных технических, организационных и управленческих решений [4], к основным из которых относятся:

- разработка новых технико-экономических критериев целесообразности освоения месторождений с невысоким содержанием и качеством алмазов, а также методика оценки горно-геологических и экономических рисков для долгосрочных проектов с учетом состояния и прогноза мирового рынка алмазов;

- оценка порядка и степени вовлечения в освоение перспективных месторождений алмазов, в том числе с возможностью селективной выемки запасов, в корреляции с состоянием рынка алмазов, прогнозом развития экономики и минерально-сырьевой базы;

- разработка методов оптимизации параметров действующих карьеров с целью повышения основных технико-экономических показателей разработки при соответствии заданным условиям проектирования;

- разработка методов обоснования устойчивости «нестандартных» конструкций бортов карьеров;

- проведение исследований по изысканию эффективных «нетрадиционных» способов и технологий выемки законтурных и подкарьерных запасов с последующим пересмотром концепции освоения алмазородных месторождений.

По результатам технико-экономических расчетов института «Якутнипроалмаз» рекомендуемая глубина карьера трубки «Ботуобинская» составила 580 м (абс. отм. – 330 м). Проектом предусмотрена схема вскрытия горизонтов карьера производить спиральными съездами внутреннего заложения с отстройкой бортов горизонтальным и наклонным расположением предохранительных берм. Начало освоения месторождения 2013 г. На рис. 2 приведена схема отработки месторождения трубки «Ботуобинская».

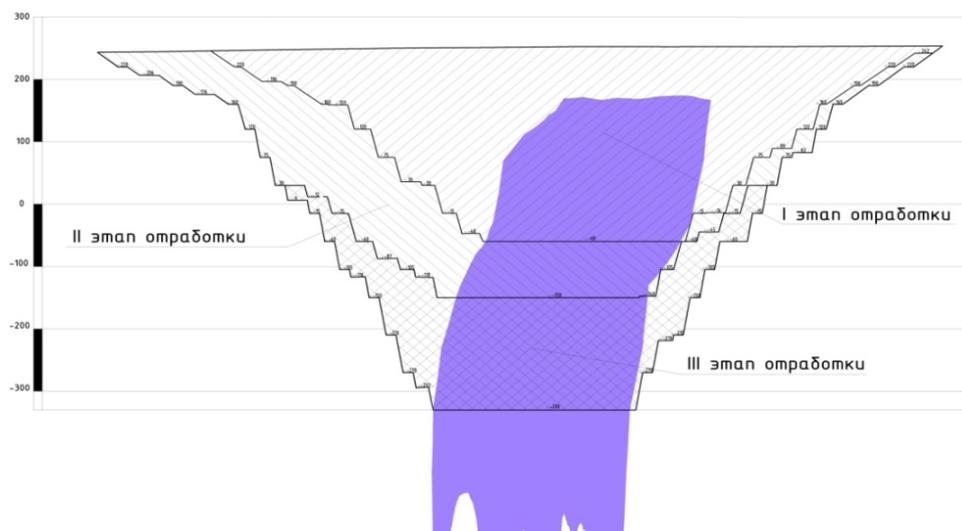


Рис. 2. Схема поэтапной отработки трубки «Ботуобинская»

Значительные резервы в повышении эффективности разработки глубокозалегающих кимберлитовых трубок можно реализовать за счет внедрения комбинированных схем разработки месторождений, применения нетрадиционных решений по технологии выемки кимберлитов, использования мирового опыта разработки алмазных месторождений, своевременного вложения инвестиций диверсификации деятельности, которые изложены в литературе.

Возможности создания новых инноваций технологий не ограничены, поэтому необходим поиск и разработка новых технических решений на базе современных знаний в области физико-технических наук, которые позволят в кратное количество раз повысить эффективность горных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта № 2010-218-01-001 «Создание комплексной экологически безопасной инновационной технологии добычи и переработки алмазоносных руд в условиях Крайнего Севера», выполняемого с участием АК «АЛРОСА» (ОАО) и ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова».

Список литературы

1. Акишев А.Н., Бахтин В.А., Бабаскин С.Л. Управление развитием рабочей зоны кимберлитовых карьеров/ М.: Горная промышленность -2003, №1.С.53-59
2. Акишев А.Н. и др. Патент №2294434 E21C 41/26 Способ открытой разработки крутопадающих месторождений/ 27.09.2005.
3. Акишев А.Н., Колганов В.Ф., Васильев П.В. Оптимизация отработки запасов кимберлитовых руд по степени подготовленности к выемке/ Сб. докладов 9-го межд. Симпозиума. – г. Белгород,2007.С.182-185.
4. Шубин Г.В., Петров А.Н., Заровняев Б.Н. и др. Патент на полезную модель №114340 E21C 41/26 Борт карьера/20.03.2012.