

М.Н.АНДРЕЕВ, аспирант, [gorengi@yandex.ru](mailto:gorengi@yandex.ru)

Э.И.БОГУСЛАВСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, [bogusl@spmi.ru](mailto:bogusl@spmi.ru)

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

М.Н.АНДРЕЕВ, пост-graduate student, [gorengi@yandex.ru](mailto:gorengi@yandex.ru)

Э.И.БОГУСЛАВСКИЙ, Dr. in eng. sc., professor, [bogusl@spmi.ru](mailto:bogusl@spmi.ru)

Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

## ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Статья посвящена анализу и обобщению опыта подземной отработки подкарьерных запасов кимберлитовых трубок. Обоснована необходимость изыскания новых технологий отработки подкарьерных запасов кимберлитовых трубок в условиях месторождений, разрабатываемых АК «АЛРОСА», определены возникающие в этой области основные проблемы. Приведен разработанный авторами способ отработки обводненных подкарьерных запасов алмазоносных месторождений.

**Ключевые слова:** Кимберлитовые трубы, подкарьерные запасы, система разработки, водоносный горизонт, способ подземной разработки, аэродинамическая связь, низкая интенсивность.

## TECHNOLOGY OF KIMBERLITIC TUBES UNDERQUARRY DEPOSITS MINING IN COMPLEX HYDRO-GEOLOGICAL CONDITIONS

Article is in touch with mining industry and devoted to the analysis and generalisation of world experience of underground mining of kimberlitic tubes underquarry reserves. In it the urgency of research of new technologies of underground mining of kimberlitic tubes underquarry reserves in the conditions of the deposits, developed by «ALROSA» stock company is formulated and basic problems arising in this area are defined. The mining technology of kimberlitic tubes water-bearing underquarry reserves excavation is described.

**Key words:** Kimberlitic tubes, underquarry reserves, method of mining, water-bearing level, aerodynamical connection, low intensity.

Кимберлитовые трубы Якутии уникальны по сложности разработки: суровый резко-континентальный климат – зимой температура достигает  $-60^{\circ}\text{C}$ , летом  $+40^{\circ}\text{C}$ , частые и резкие перепады температуры до  $20^{\circ}\text{C}$  в течение суток; мощная толща многослойных мерзлот глубиной до 700 м; высокоминерализованные, химически агрессивные подземные воды, содержащие сероводород; нефте- и газовыделения во вмещающих породах. В настоящее время за счет

интенсивной отработки кимберлитовых месторождений открытым способом карьеры достигли критической глубины. В этих условиях дальнейшая эксплуатация залежи становится экономически нецелесообразной и технически небезопасной.

На современном этапе освоения алмазных месторождений, когда из недр извлечена большая часть легкодоступных и наиболее богатых запасов, главная задача состоит в том, чтобы быстрыми темпами вскрыть

глубокозалегающие запасы трубок «Мир», «Айхал», «Удачная», «Ботубинская» и обеспечить отработку подкарьерных запасов подземным способом [4]. Выполнение задачи затрудняет отсутствие практики и мирового опыта ведения подземных работ на алмазоносных месторождениях в условиях Севера. Несвоевременный переход на подземную отработку приведет к разрыву в ведении горных работ после завершения открытой отработки и, как следствие, к резкому сокращению объемов добычи алмазов. В настоящее время на месторождениях «Мир» и «Айхал» завершены открытые горные работы на глубинах 320 и 525 м. Особенностью переходного периода на месторождении «Мир» является то, что карьером вскрывают мощный напорный горизонт подземных вод, содержащих газы и сероводород.

Необходимо изыскание новых технологических и технических решений для полной отработки подкарьерных запасов кимберлитовых месторождений, обеспечивающих минимальные потери и разубоживание ценного полезного ископаемого. Примеры подземной отработки кимберлитов, близкие к условиям якутских месторождений, к сожалению отсутствуют [5].

Кимберлитовые трубы «Мир» и «Интернациональная» пересекают мощный (до 200 м) водоносный горизонт, содержащий агрессивные хлоридно-натриевые рассолы с растворенным сероводородом. Переход на подземную отработку этих месторождений под водоносным слоем с повышенной обводненностью не позволяет вести работы системами с обрушением руды и вмещающих пород. Кроме того, необходимо создавать барьерный целик между водоносным слоем и первым подземным горизонтом. В таких условиях подземную отработку первой очереди следует вести с закладкой выработанного пространства и без применения крупномасштабных массовых взрывов, чтобы избежать прорыва воды из водоносного горизонта в горные выработки. Неуправляемый транзит воды с поверхности через обрушенные породы или отбитую руду в районе ведения очистных работ создает опасность аварийных (не исключается и ка-

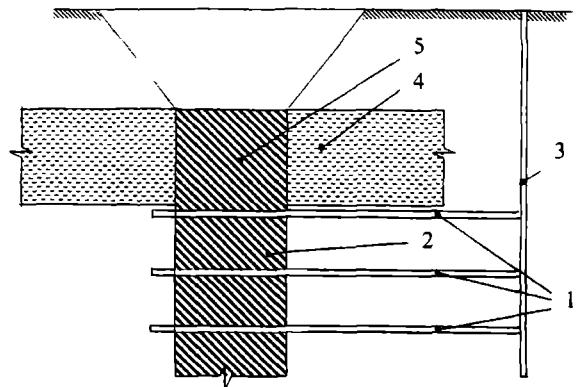


Рис.1. Схема вскрытия рудника «Интернациональный»  
1 – квершилаги; 2 – рудное тело; 3 – стволы; 4 – водоносный горизонт; 5 – оставляемый по принятому проекту предохранительный целик

тастрофических) прорывов воды и водонасыщенных глин.

Гидрогеологические условия месторождения трубы «Интернациональная» классифицируются как весьма сложные вследствие наличия мощного подмерзлотного метегеро-ичерского водоносного комплекса. Под толщей мерзлых пород развит водообильный метегеро-ичерский напорный водоносный комплекс трещинно-пластовых вод, который характеризуется значительными водопритоками, высокими гидростатическими напорами и содержанием минерализованных токсичных вод. Абсолютные отметки подошвы горизонта по данным разведочных скважин изменяются от –105 до –160 м, мощность 145–190 м, напор над кровлей горизонта 185–215 м.

В настоящий момент уже ведутся подземные горные работы под водоносным горизонтом на кимберлитовой трубке «Интернациональная» (рис.1) открытым и подземным способами.

Рудное тело представлено трубкой овальной формы, выполненной алмазосодержащими кимберлитовыми породами [1]. Они однообразны по составу и состоят на 93 % из порфировых кимберлитов и автолитовых кимберлитовых брекчий [2] с неравномерно распределенными среди них столбами неизмененных кимберлитов массивной текстуры (7 %).

На руднике применяется слоевая система разработки с твердеющей закладкой и

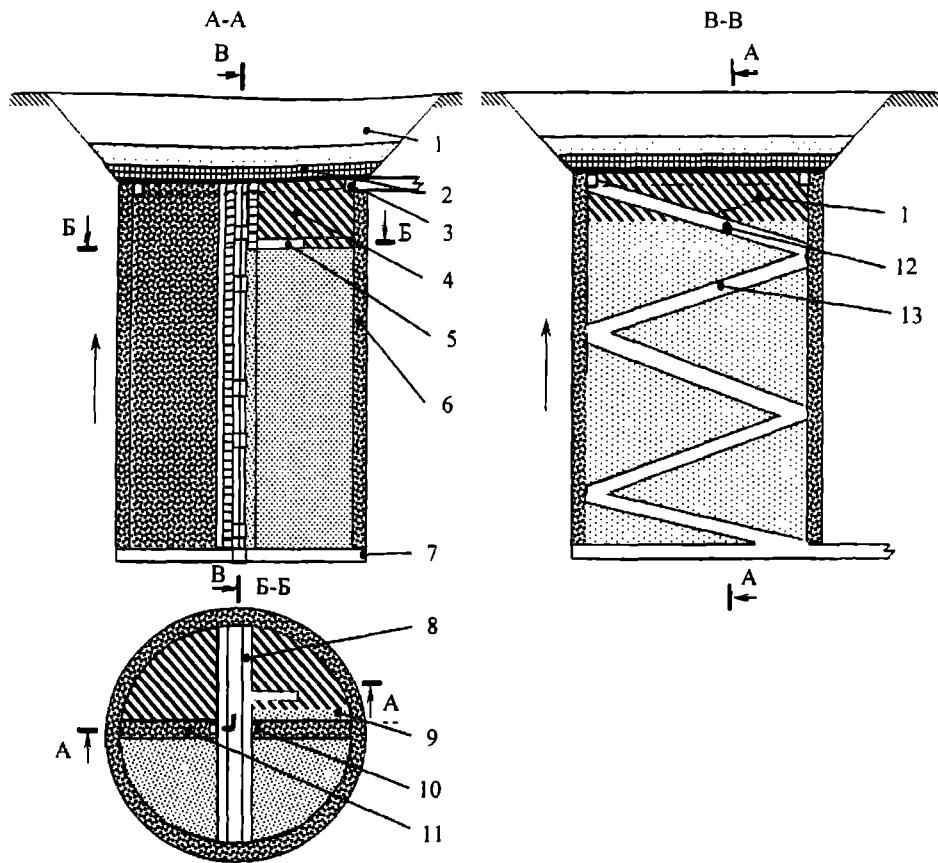


Рис.2. Схема предлагаемой технологии разработки подкарьерных запасов  
 1 – контур карьера; 2 – герметичная подушка; 3 – вентиляционно-закладочный штrek; 4 – закладочная скважина; 5 – очистная заходка; 6 – барьерный искусственный целик; 7 – откаточный штrek; 8 – рудный заезд; 9 – отработанная очистная заходка; 10 – рудоспуск; 11 – упрочняющий искусственный целик; 12 – сбойка автоуклона с рудным заездом; 13 – автоуклон

комбайновой выемкой слоев тупиковыми заходками по камерно-целиковой схеме в восходящем или нисходящем порядке. Параметры заходок принимаются в пределах: ширина 5,1-5,4 м; высота 4,0-4,75 м. Очистная выемка заключается в последовательной отработке выемочных лент (камер) на слое с оставлением целика между отработанными лентами (камерами) не менее, чем две ширины ленты. Слои отрабатываются полностью без оставления рудных целиков. Очистные работы ведутся четырьмя добычными комплексами: комбайн типа АМ75 или АНМ105 (Альпине – Вестфалия, ФРГ) и погрузочно-доставочная машина EST-6С (или TORO-400). Максимальное расстояние доставки руды до участкового рудоспуска не превышает 150 м [3].

Однако данная технология не дает возможности отработать весь запас месторождения из-за сложной гидрогеологической ситуации (рис.1). Также у дна отработанного карьера горный массив разрушен массовыми взрывами и при отработке последнего верхнего слоя при восходящей отработке месторождения неизбежно произойдет гидравлическая связь подземных горных выработок с выработанным пространством карьера. Применяемая система разработки не дает возможности избежать прорыва подземных вод из водоносного горизонта.

Таким образом, необходимо создать единый проект разработки подкарьерных запасов открытым и подземным способами добычи, технологически и организационно связанными между собой в оптимальную

систему, обеспечивающую эффективное применение. При этом необходимо формировать общие схемы вскрытия и подготовки запасов, совместные решения вопросов геомеханики, вентиляции, водоотлива, транспортирования горной массы.

Решением перечисленных проблем может послужить предлагаемая авторами технология разработки обводненных подкарьерных запасов алмазоносных месторождений (рис.2). Она включает одновременное ведение открытых и подземных горных работ, углубку карьера до предельной глубины, создание герметичной подушки на дне карьера и его отсыпку вскрышными породами, а также проведение перед началом подземной отработки подземных горнокапитальных работ по созданию барьерного искусственного целика.

Сущность технологии отработки подкарьерных запасов кимберлитовых трубок заключается в следующем. Месторождение отрабатывается одновременно открытым и подземным способами. После отработки карьера до максимальной глубины на дне карьера 1 с помощью бетонной закладки и изолирующей пленки формируется герметичная подушка 2, после чего ведется отсыпка карьера вскрышными породами. Затем рудное тело вскрывается вертикальными стволами и квершлагами, разделяется на этажи при проведении откаточных штревков 7. По центру рудного тела проходит автouклон 13, служащий для транспортирования горного оборудования. Для подачи закладки в отработанные очистные заходки 5 в верхней части блока проходит вентиляционно-закладочный штrek 3.

С помощью проходческого комбайна отрабатываются кольцевой участок на контуре рудного тела и часть рудного массива вкрест трубки, которые заполняются бетонной закладкой, формируя тем самым искусственный барьерный б и упрочняющий целики 11.

Отработка камер подземным способом начинается снизу вверх слоевой системой разработки с твердеющей закладкой после создания искусственных барьерного б и уп-

рочняющего целиков 11, делящих блок на камеры.

После проведения подготовительных и нарезных работ начинается очистная выемка руды в камерах с помощью очистного комбайна и самоходной доставочной техники. Отбитая комбайном руда из очистной заходки доставляется с помощью самоходного вагона до рудоспуска 10 по рудному заезду 8. Отработка очистных заходок ведется в чередующемся порядке. Отработанная очистная заходка закрывается с двух сторон перемычками и заливается твердеющей закладкой по закладочным скважинам 4. После отработки всех очистных заходок 5 в слое горное оборудование транспортируется по автouклону 13 на следующий слой, где очистной цикл повторяется.

Разработчиками создана экспериментальная модель для определения усадки твердеющих смесей, с целью получения зависимости уменьшения усадки закладочного материала от применения различных агентов, а также определена прочность полученных образцов.

Испытания на определение предела прочности на одноосное сжатие показали незначительное снижение прочности при увеличении количества добавки. Полученные составы закладочной смеси не уступают по своим качествам применяемым на руднике «Интернациональный» и могут быть использованы для заполнения выработанного пространства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айнбиндер И.И. К проблеме отработки подкарьерных запасов трубы «Мир» подземным способом / И.И.Айнбиндер, Н.П.Крамсков // Горный журнал. 2000. № 8.
2. Замесов Н.Ф. Технические решения по ускоренному вскрытию и подготовке к эксплуатации подкарьерных запасов трубы «Мир» // Горный журнал. 2000. № 2.
3. Калитин В.Т. Алмазодобывающий комплекс России: современное состояние, проблемы и перспективы развития // Горный журнал. 2003. № 1.
4. Комбинированная геотехнология при освоении алмазоносного месторождения трубы «Удачная» / Д.Р.Каплунов, М.В.Рыльникова, В.В.Калмыков, Ю.А.Петров, В.А.Суслов // Горная промышленность. 2005. № 4.

5. Осинцев В.А. Комплексный открыто-подземный способ разработки рудных месторождений с крутыми нерабочими бортами карьера // Горный журнал. Известия вузов. 2005. № 3.

## REFERENCES

1. Ajnbinder I.I. To a working off problem of under-quarry tube reserves «Mir» in the underground way / I.I.Ajnbinder, N.P.Kramskov // Mining magazine. 2000. N 8.

2. Zamesov N.F. Technical decisions on the accelerated opening and preparation for operation of underquarry

reserves of «Mir» diamond tube stocks // Mining magazine. 2000. N 2.

3. Kalitin V.T The Diamond-mining complex of Russia: a current state, problems and development prospects / Mining magazine. 2003. N 1.

4. The combined geotechnology at development of a diamondiferous deposit of a tube «Udachnaya» / M.V.Rylnikova, V.V.Kalmykov, U.A.Petrov, V.A.Suslov // Mining industry. 2005. N 4.

5. Osintsev V.A The complex of opened-underground way of working out of ore deposits with abrupt non-working boards of an open-cast mine» // Mining Magazine of News of High Schools. 2005. N 3.