

УДК 622.342:536.244

В.В. Киселев, Ю.А. Хохолов

ЭКОГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Разработан эколого-сберегающий способ повторной подземной разработки техногенных россыпных месторождений криолитозоны, предполагающий возведение льдопородных целиков и закладочных массивов с использованием материалов, имеющихся на земной поверхности отвалов, а также их укладку в выработанном пространстве россыпной шахты. Приведены три схемы отработки, а также результаты исследований по оптимизации параметров возведения льдопородных целиков и массивов на разработанных математических моделях, имеющих практическую значимость.

Ключевые слова: криолитозона, техногенные россыпи, россыпные шахты, льдопородный массив

Общеизвестно, что Дальневосточный регион страны, включая Северо-Восток и Якутию, принадлежит к наиболее крупным золотоносным провинциям мира, где значительная часть добычи золота осуществляется из многолетнемерзлых россыпных месторождений, включая техногенные, с существенным удельным весом подземного способа разработки. В соответствии с требованиями, разработанными Всемирным фондом охраны дикой природы, отходы производства не должны представлять опасности для биоты, а это возможно только при использовании геотехнологий с замкнутым циклом обращения твердого вещества [1, 2] и тщательной очистке жидких стоков.

При подземной первичной отработке россыпных месторождений практически весь объем извлеченных из недр торфов и продуктов переработки песков ($\approx 98\%$) остается в пределах земельных отводов, т.к. ввиду низкой освоенности районов, они используются вторично лишь в незначительных объемах для отсыпки различных насыпей, дамб,

эстакад, строительстве временных дорог и т.д.

Необходимо отметить, что, несмотря на то, что в некоторых регионах за пределами отработанных шахтных полей остались участки продуктивных пластов с довольно высоким содержанием металла (забалансовые запасы), а также целики, недоработанные в кровле и почве пески и незачищенные площади очистного пространства, которые могут быть отнесены к техногенным россыпям, отработка которых может быть рентабельной в настоящее время в связи с пересмотром кондиций [4].

Ранее отработанные россыпные шахтные поля криолитозоны и соответственно россыпные шахты (РШ) можно условно разделить на три категории выработанное пространство которых: обрушено и заполнено льдом (1 категория); не обрушено, но заполнено льдом (2 категория); не обрушено и не заполнено льдом (3 категория) [4]. В соответствии с этим могут быть рекомендованы три схемы отработки таких техногенных россыпей, которые в определен-

ной степени могут быть отнесены к разряду «зеленых», обеспечивающих не только возврат торфов и материалов переработанных песков в вновь образованное выработанное пространство, но и частичную укладку «старых» (прошлых лет) отвалов по специальной технологии [5, 6], выполняющих роль закладки. Тем самым полностью или частично обеспечивается замкнутый цикл обращения твердого вещества; целостность земной поверхности, сокращение объемов отходов, складированных на земной поверхности: уменьшение площадей земельного отвода, занятых старыми (прошлых лет) отвалами; защита биоты от токсичных веществ.

Необходимо отметить, что использование закладочных массивов для поддержания выработанного пространства в РШ предпочтительно, принимая во внимание обилие твердого материала (старых отвалов) и учитывая высокий дефицит крепежного леса, в особенности в тундровых регионах и необходимости его завоза из других областей, что сопряжено со значительными затратами.

Подземную отработку техногенных россыпей криолитозоны, основываясь на имеющемся опыте, предпочтительно вести сезонно в зимний период, продолжительность которого составляет 7-8 месяцев. На летний период подземные работы приостанавливаются и производится промывка добытых в зимний период песков и переработка полученного концентрата на шлихообогатительных фабриках.

В ряде случаев, при повторной подземной отработке техногенных россыпей, в качестве вскрывающих выработок можно использовать старые наклонные стволы, предварительно восстановив их. Если это невозможно, то стволы проходятся заново по традиционным технологиям [7]. В РШ необрушенных, но запол-

ненных льдом (2 категория), проходка вскрывающих и подготовительных выработок производится по льду желательнее с использованием проходческих комбайнов и самоходной техники, обеспечивая тем самым высокую скорость проходки. Доработка контуров и целиков может производиться сплошной и столбовой системами [4]. Поддержание вновь образуемого выработанного пространства может производиться как сыпучемерзлым материалом, так и искусственными льдопородными целиками, возводимыми по технологии ИГДС [6]. Не исключено применение сплошной льдопородной закладки, для приготовления смеси используется галечный материал старых отвалов [5], не содержащих полезного компонента, а так же песчаная фракция торфов.

Возможны различные варианты ведения работ как по креплению, так и захоронению старых отвалов, например, в выработанном пространстве может быть установлено расчетное количество тумбовых льдопородных целиков, пространство между которыми может быть заполнено материалом старых галечных отвалов.

В обрушенных, заполненных льдом РШ (первая категория) отработка оставшихся песков и целиков производится по традиционным технологиям, применяемым при отработке многолетнемерзлых россыпей с использованием как самоходного, так и переносного оборудования [7]. Поддержание и закладка выработанного пространства производятся вышеописанными способами.

В РШ, выработанное пространство которых не обрушено и не заполнено льдом (3 категория), отработка целиков сопряжена с большой опасностью, т.к. подработка даже одного из них может привести к инициированию сдвижения техногенно нарушенного породного

массива и обрушению кровли на больших площадях. Учитывая это могут быть применены только варианты ведения добычных работ с предварительным креплением выработанного пространства бутовыми полосами или возведением искусственных ледопородных целиков и закладочных массивов. Тем самым будет обеспечена безопасность ведения работ. После выемки песков вновь образованное пространство также закладывается каким-либо из вышеописанных способов.

В зависимости от размеров отработанных шахтных полей, имеющих запасы и технологии выемки техногенных песков, а также объемов, подлежащих захоронению старых отвалов, могут быть рекомендованы различные схемы и технологии ведения как закладочных работ, так и работ по захоронению отвалов. Например, при значительных размерах шахтных полей и большом объеме техногенных песков и галечных отвалов могут быть использованы высококомеханизированные технологии и серийно выпускаемые закладочные комплексы, прошедшие опытные испытания на РШ [5]. При небольших размерах шахтных полей и объемах обрабатываемых техногенных песков может быть рациональным использование переносного оборудования [7] и возведение вместо сплошных закладочных массивов, бутовых полос или ледопородных целиков способами, разработанными ВНИИ-1 [7] или ИГДС [5].

Поскольку третья схема обработки техногенных россыпей предполагает опережающее возведение ледопородной закладки в отработанном пространстве РШ, очень важно обеспечивать высокую скорость промораживания возведенного ледопородного массива или целиков. Для этого могут быть рекомендованы следующие мероприятия: предварительная проморозка закладываемого пространства, послойное возведение закладочного

массива с принудительным обдувом холодным воздухом, введение колото-го льда в закладочную смесь, правильный выбор толщины единичного слоя и количества проливаемой воды. В этих целях были проведены специальные исследования на разработанной математической модели, которые позволили найти оптимальные соотношения вышеперечисленных параметров, соблюдение их обеспечит высокую скорость возведения и набора компрессионных свойств закладочным ледопородным массивом [9].

Проведенные исследования выявили (рис. 1), что для определенной толщины единичного слоя существует оптимальное время промораживания в зависимости от вышеперечисленных параметров; причем даже небольшое отклонение в сторону его уменьшения ведет к резкому увеличению общего времени полной проморозки возведенного ледопородного массива.

На рис. 2 приведены температурные изолинии в ледопородной закладке и окружающем массиве горных пород РШ при времени замораживания равном 3 часа (которое в два раза меньше его оптимального значения) и при оптимальном времени (6 часов). Как видно из графиков, при толщине слоя 0,2 м и его начальной температуре 0 °С закладочный массив в виде четырехугольной призмы сечением 3х3 м замерзает за 1062 часа, причем в последнюю очередь замерзает его центральная часть (рис. 2, а), а при оптимальном режиме время его замерзания сокращается в 10 раз (103 часа) и в данном случае в последнюю очередь промерзает его верхняя часть (рис. 2, б). Таким образом, оптимизация технологических параметров послойного намораживания ледопородных закладочных массивов в отработанном пространстве РШ позволяет обеспечивать им необходимые компрессионные свойства в короткий срок.

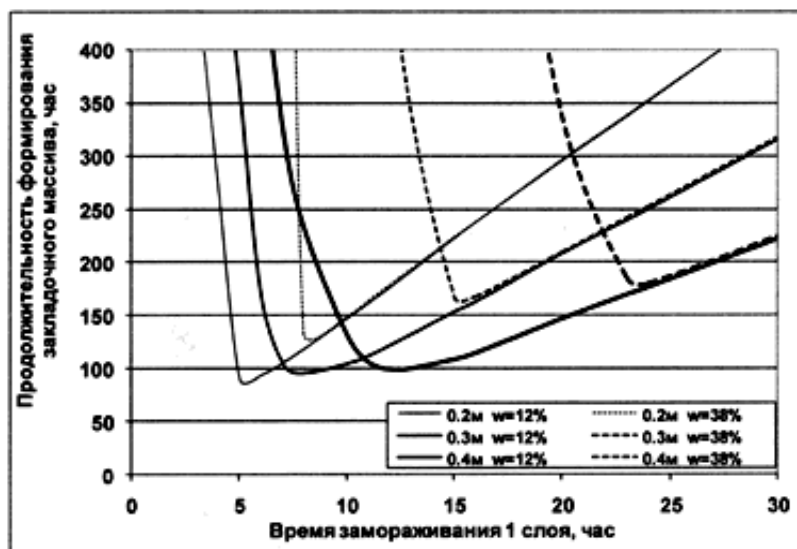


Рис. 1. Продолжительность формирования льдопородного закладочного массива при послойном замораживании слоями пород различной толщины и различной влажности (размеры массива 3x3 м, температура нагнетаемого воздуха для замораживания -30°C)

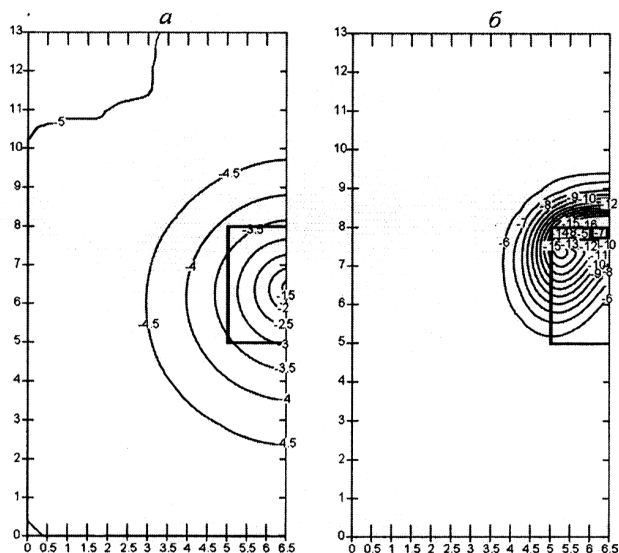


Рис. 2. Температурные изолинии в закладочных и породных массивах в конце формирования закладочного массива:
 а — при времени замораживания, равному 3 ч; б — при оптимальном времени замораживания (6 ч)

Необходимо отметить, что в РШ необрушенных, но заполненных льдом, для укладки старых отвалов могут быть пройдены дополнительные выработки в выработанном пространстве, заполненном льдом вплоть до его полного освобождения. При использовании комбайнов проходческие работы можно вести с высокой скоростью при минимальном расходе средств. Получаемый колотый лед можно использовать при приготовлении закладочной смеси.

При наличии высокотоксичных хвостов шлихотоводочных фабрик, зачастую содержащих естественные радионуклиды, учитывая их высокую опасность для биоты, может быть рекомендовано захоронение их в подземном пространстве отдельно, бесконтейнерным способом по технологии, разработанной ИГДС (патент РФ № 2263985) [10], с образованием подземного могильника.

Для ускорения возведения льдопородных конструкций (массивов, могиль-

ника) рядом специалистов предлагается, для ускорения их проморозки использовать хладагенты, в частности, керосин [11], хотя такие замораживающие схемы не прошли испытания на РШ, использование их не исключено.

Таким образом, при подземной обработке техногенных россыпей криолитозоны предлагаемым способом может быть пополнен золотовалютный запас страны, а так же обеспечено снижение уровня экологической напряженности в районе деятельности горнодобывающих предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубещкой К.Н., Галченко Ю.П., Бурцев Л.И. Экологические проблемы освоения недр при устойчивом развитии природы и общества. — М.: Научтехлитиздат, 2003. — 260 с.
2. Цыганков А.В. Безопасность освоения месторождений полезных ископаемых в криолитозоне. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. — 112 с.
3. Галченко Ю.П., Сабанин Г.В. Методология создания экогеотехнологии подземной разработки жильных месторождений в криолитозоне // ГИАБ, 2009, выпуск 4. — С. 146—158.
4. Катвицкий В.В., Сытник Ю.Н., Возмитель Ю.А., Тарасов С.И., Шерстов В.А., Чугунов Ю.Д. Подземная повторная отработка самоходными машинами мерзлых техногенных россыпей // Колыма. — 1987. — № 7, с. 10—13.
5. Мамонов А.Ф. Взаимодействие вмещающих пород с закладочным массивом на россыпных шахтах Севера. — Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 1999. — 154 с.
6. Марков В.С., Елшин В.К., Слепцов А.Е., Шерстов В.А. О возможности использования льдопородных опор из гравийногалечных материалов для управления кровлей
7. на россыпных шахтах Севера // Проблемы использования льда и снега в народном хозяйстве. — Иркутск, 1986. — с. 52—56.
8. Шерстов В.А., Скуба В.Н., Лубий К.И., Костромитинов К.Н. Подземная разработка россыпных месторождений Якутии. — Якутск: Кн.изд-во, 1981. — 180 с.
9. Сальманов Р.Н., Красных С.Н. Разработка месторождений с применением замораживаемого закладочного материала // Колыма, 1987. — № 3. — с. 19—20.
10. Хохолов Ю.А. Физико-техническое обоснование теплового режима горных выработок криолитозоны. Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. — М., 2006. — 34 с.
11. Патент РФ 32263985. В.В. Киселев, Ю.А.Хохолов, М.В.Каймонов. Подземный бесконтейнерный способ захоронения твердых источников радиоактивного излучения в отработанных подземных горных выработках криолитозоны. — Оpubл. в БИ, 2005, № 31.
12. Михайлов Ю.В., Красников Ю.Д. Ценные руды: Технология и механизация подземной разработки месторождений. — М.: Академия, 2008. — 256 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Киселев В.В. — кандидат технических наук, ст. научный сотрудник,

Хохолов Ю.А. — доктор технических наук, вед. научный сотрудник, khokholov@igds.ysn.ru. Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского СО РАН, г. Якутск.