

УДК 622.272.06:622.627

Барановский Кирилл Васильевич

научный сотрудник
лаборатории подземной геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: geotech@igduran.ru

Рожков Артем Андреевич

аспирант, младший научный сотрудник
лаборатории подземной геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: geotech@igduran.ru

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
С САМОХОДНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ
ПРИ ОТРАБОТКЕ НИЖНИХ ГОРИЗОНТОВ
УРУПСКОГО МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ***Аннотация:*

В статье приведены результаты исследований, направленных на повышение эффективности разработки Урупского медноколчеданного месторождения. Разработаны варианты систем разработки, основанные на применении традиционного и современного самоходного оборудования. На основе их технико-экономического сравнения установлено, что разработанные технологии с применением самоходного оборудования позволяют значительно улучшить основные технические показатели разработки месторождения по сравнению с традиционной технологией. Мобильность и технологичность позволяет поэтапно вводить добычные блоки в эксплуатацию, производить закладку отработанных камер породой от проходческих и очистных работ, в результате обеспечить освоение запасов нижних горизонтов Урупского подземного рудника без выбывания производственной мощности в переходный период.

Ключевые слова: наклонное рудное тело, варианты систем разработки, переносное и самоходное оборудование, технико-экономическая оценка технологии

Baranovskiy Kirill V.

research worker
of the laboratory of underground geo-technology,
The Institute of Mining UB RAS,
620075, Ekaterinburg,
Mamin Sibiryak st., 58
e-mail: geotech@igduran.ru

Rozhkov Artem A.

post graduate student, junior research worker
of the laboratory of underground geo-technology,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: geotech@igduran.ru

**GROUNDING THE TECHNOLOGY WITH
MOBILE EQUIPMENT MINING
THE URUPSKY CHALCOPYRITE DEPOSIT
LOWER HORIZONS***Abstract:*

The article presents the results of researches aimed at improving the development of the Urupsky chalcopryrite deposit. The variants for the development of systems based on the employment of traditional and modern self-propelled equipment are worked out. In terms of their technical and economic comparison it is determined that the developed technologies employing mobile equipment can significantly improve the deposit mining basic performance in comparison with conventional technology. Mobility and adaptability permit to put mining units in operation gradually, to produce the filling of completed chambers with waste rock from tunneling and clearing activities, as a result to provide for mining the reserves of the Urupsky underground mine lower horizons without production capacity elimination during the transition period.

Key words: inclined ore body, variants of mining systems, portable and mobile equipment, the technology's technical and economic evaluation

В настоящее время эксплуатация Урупского медноколчеданного месторождения подземным рудником производительностью 400 тыс. т в год осуществляется в этажах горизонтов 12 – 14 и 14 – 16. Отработка запасов этажей ведется с использованием переносного бурового и доставочного оборудования, и перепуском на концентрационный 16-й горизонт с последующей электровозной откаткой горной массы к стволу шахты «Урупская». Высота этажа 74 м. Объем эксплуатационных запасов руды в пределах горизонтов 13 – 16 обеспечивает необходимый годовой объем добычи только в течение ближайших 7 лет. Применяемая технология характеризуется большим объемом подготовительно-нарезных работ (ПНР), высокими потерями (до 20 %) и разубоживанием

(30 %), низкой производительностью труда на проходческих и очистных работах. Учитывая уменьшение мощности рудного тела ниже горизонта 16, эффективность существующей технологии добычи руды резко снизится. В связи с этим принято решение о поддержании производственной мощности рудника за счет вовлечения в эксплуатацию запасов нижних горизонтов 16 – 21 и изыскания технологии, основанной на применении современного самоходного оборудования, что делает актуальной задачу выбора рациональной системы разработки.

При конструировании рациональных вариантов систем разработки запасов горизонтов 16 – 21 Урупского подземного рудника (УПР) приняты следующие горно-геологические и горнотехнические условия, характерные и уточненные для горизонтов 16 – 18:

- глубина разработки 795 м (до горизонта 18);
- средняя длина рудного тела по простиранию 1200 м;
- угол падения рудного тела 27° (средний);
- средняя мощность маломощных участков рудного тела 3,0 м, участков средней мощности 7,8 м;
- в участках рудного тела средней мощности сосредоточено 70 % запасов, в маломощных 30 %;
- средняя крепость руды $f=13$, пород лежачего бока $f=9\div 10$, висячего бока $f=7\div 8$;
- руды устойчивые и средней устойчивости, породы висячего бока средней устойчивости и неустойчивые, лежачего бока – от устойчивых до неустойчивых;
- на контакте с рудным телом встречаются породы, представленные хлоритовыми и серицитовыми сланцами;
- широко развитая разрывная пострудная тектоника со смещением частей рудного тела по всей его длине;
- объемный вес руд $4,0 \text{ т/м}^3$ и вмещающих пород $2,65 \text{ т/м}^3$;
- высокая ценность руды, обусловленная высоким содержанием меди и сопутствующих драгоценных металлов;
- для выемки запасов выше горизонта 16 применяется система разработки подэтажного обрушения с площадным выпуском через вороночное днище;
- высота этажа 74 м;
- годовая (проектная) производственная мощность рудника 400 тыс. т.

Выбор технологии для сложноструктурных месторождений предполагает более точное определение подходящей системы разработки и детальную проработку ее конструктивных элементов, соответствующих всем изменениям структуры рудного тела. Учитывая практику отработки наклонных маломощных и средней мощности рудных тел [1 – 3] и исходя из условий отработки нижних горизонтов УПР, сконструированы 4 технически приемлемых варианта систем разработки, предусматривающие применение как традиционного, так и современного самоходного оборудования (СО):

вариант 1 - подэтажно-камерная система разработки с последующим обрушением (ПКО) целиков и площадным выпуском руды через вороночное днище;

вариант 2 - камерно-столбовая система разработки (КССР) с применением переносного оборудования;

вариант 3 - система подэтажного обрушения (ПО) сдвоенными панелями с торцовым выпуском руды;

вариант 4 - КССР с применением СО.

Варианты технологии добычи руды с применением переносного оборудования

Вариант 1 предназначен для отработки участков рудного тела средней мощности с применением традиционного оборудования, его суть заключается в следующем (рис. 1). В этаже высотой 74 м выделяются добычные панели длиной 100 м. Добычная

панель по высоте разбивается на подэтажи, подэтаж разделяется по простиранию рудного тела на добычные блоки длиной 50 м, включающими очистную камеру, междублоковый целик (МБЦ) и междукамерный целик (МКЦ). Подготовка панели включает проведение в лежачем боку откаточного орта из откаточного штрека горизонта 18, центрального наклонного вентиляционно-ходового восстающего (ВХВ) и десяти подэтажных скреперных штреков длиной по 100 м. На флангах панели подэтажные скреперные штреки сбиваются между собой наклонными вентиляционными восстающими (ВВ).

Верхние подэтажи добычной панели соединены рудоспусками с панельным аккумуляющим скреперным ортом. Нижние подэтажи и аккумуляющий орт соединены рудоспусками с панельным откаточным ортом. В каждом добычном блоке из скреперного штрека оформляется ряд дучек и по подошве рудного тела проходится буровой штрек, из которого высекаются два буровых орта для обурирования нижележащего МКЦ. На границе с МБЦ в камере проходят отрезной орт и отрезной восстающий.

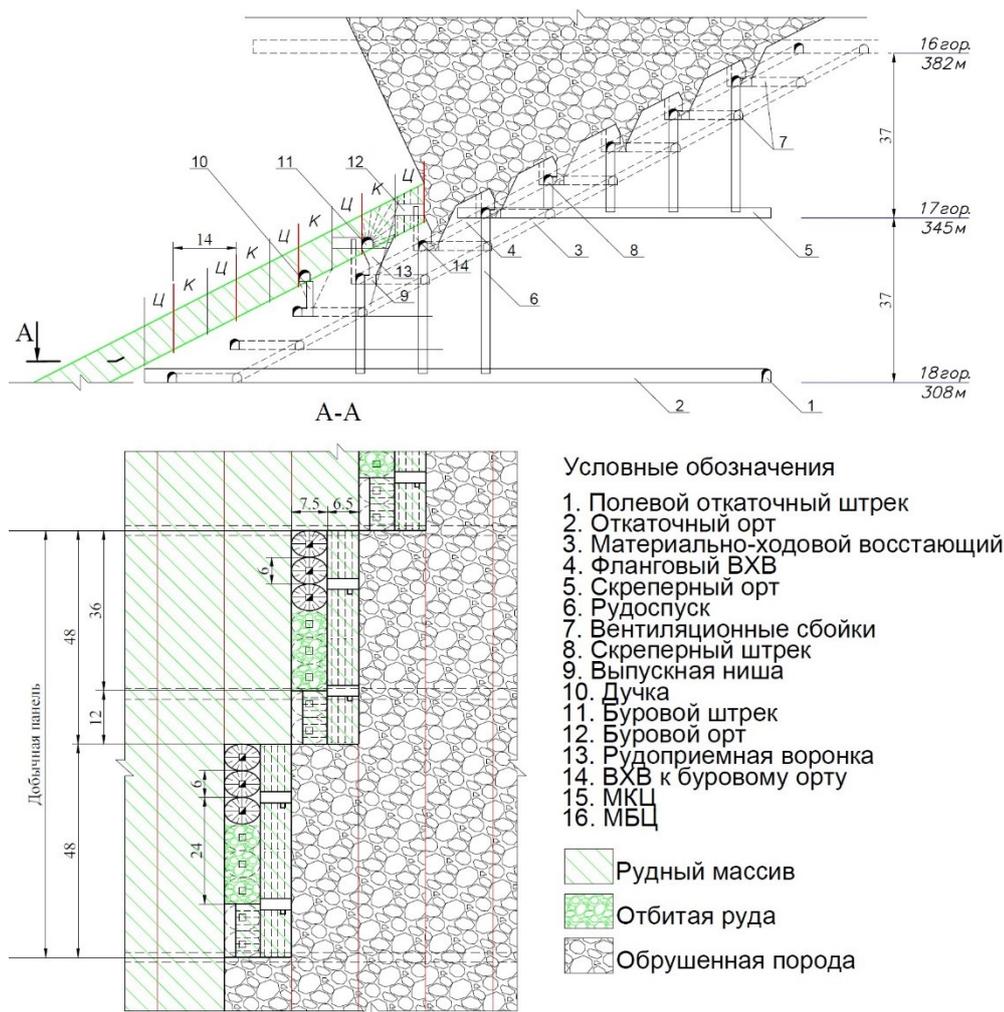


Рис. 1 – Подэтажно-камерная система с последующим обрушением целиков и площадным выпуском руды через вороночное днище

Отработка запасов добычного блока в подэтаже производится в две стадии: сначала обрабатывается очистная камера, затем на выработанное пространство камер обрушаются МКЦ и МБЦ. Запасы камер и целиков обуривают восходящими веерами скважин диаметром 65 мм. Отбитая руда выпускается через вороночное днище и скреперной лебедкой доставляется по доставочному штреку до рудоспуска. Максимальное расстояние доставки 50 м, среднее 25. По рудоспуску руда перепускается на горизонт 18, грузится в

откаточном орту в вагоны локомотивного состава и транспортируется к перегрузочному комплексу центрального скипового ствола.

Вариант 1 имеет существенные недостатки: камерная выемка технически неприемлема при неустойчивых породах кровли и труднореализуема в условиях тектонических разрывных смещений; низка безопасность ведения горных работ, обусловленная расположением буровых выработок на контакте рудного тела; низка производительность труда на проходческих и очистных работах.

Вариант 2 предназначен для отработки маломощных участков рудного тела с применением традиционного оборудования, его суть заключается в следующем (рис. 2). Рудное тело в пределах добычной панели разбивается по высоте через 37 м на два подэтажа. Подэтажи в панели отрабатываются последовательно в нисходящем порядке. Каждый подэтаж по простиранию делится на два очистных блока одинаковой длины. Очистные блоки в подэтаже разбиваются по высоте на очистные камеры, разделенные между собой рядами столбчатых целиков (СЦ). Параметры конструктивных элементов системы разработки: ширина добычной панели 100 м; высота добычной панели 74 м; ширина очистного блока 50 м; высота очистного блока 37 м; ширина очистной камеры по горизонтали 6 м; длина очистной камеры 46 м; размеры столбчатых целиков по горизонтали 4×4 м; размеры барьерных целиков (БЦ) по горизонтали $4 \times 4,5$ м; ширина панельного целика (ПЦ) 4 м.

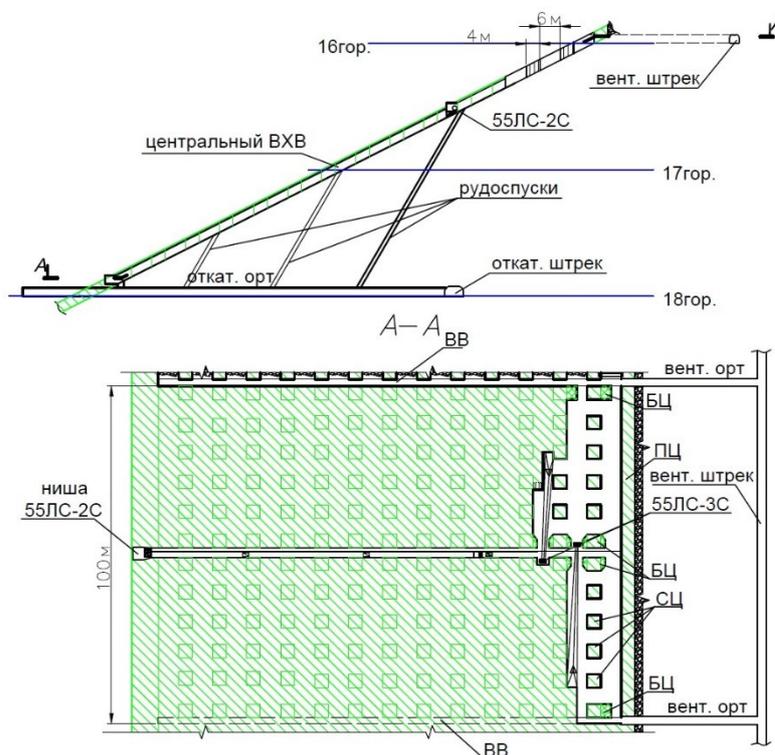


Рис. 2 – Камерно-столбчатая система разработки с применением переносного оборудования

Подготовка к выемке добычной панели включает проведение в лежачем боку откаточного орта из откаточного штрека горизонта 18, вентиляционного орта из откаточного штрека горизонта 16 и вентиляционного штрека по рудному телу на горизонте 16. Из откаточного орта горизонта 18 по центру панели проходится наклонный ВХВ с отделением для скреперования руды. Центральный ВХВ соединяется с откаточным ортом рудоспусками и отделяется от очистных камер барьерным целиком шириной 4 м.

Отбойка камерных запасов производится шпуровыми зарядами. Отбитая руда скреперной лебедкой доставляется до центрального ВХВ и по последнему перемещается к рудоспуску. При необходимости кровля камеры крепится штанговой крепью. Камера

отделяется от выработанного пространства верхнего горизонта сплошным ПЦ, ширина которого тоже принимается 4 м. По мере продвижения камеры проходят сбойки в вышележащую камеру с оформлением верхнего ряда СЦ. На фланге панели камеры между собой сбиваются вентиляционными сбойками, в совокупности образующими фланговые ВВ. После отработки двух смежных по простиранию камер при достаточной устойчивости кровли и БЦ последние отрабатываются до размеров $4,0 \times 4,5$ м (по падению). Центральный ВХВ выше отработанных камер перекрывается перемычкой.

Вариант 2 имеет следующие недостатки: необходимость присутствия людей в очистном пространстве; относительно высокие потери руды в целиках; большой объем крепления кровли и стенок камеры; низкая производительность труда на проходческих и очистных работах.

Варианты технологии добычи руды с применением самоходного оборудования

Вариант 3 разработан для отработки участков рудного тела со средней мощностью с применением СО, его суть заключается в следующем (рис. 3). В этаже выделяется центральный добычный участок (ЦДУ) длиной по простиранию 280 м, высотой 74 м и наклонной длиной 163 м. ЦДУ вскрывается автотранспортным уклоном и по высоте разбивается на подэтажи, которые по простиранию рудного тела разделяются на западную и восточную добычные панели длиной 140 м. Добычная панель отрабатывается сдвоенными по ширине блоками – двумя забоями. Очистные блоки на подэтажах отрабатываются в направлении от флангов к центру добычной панели.

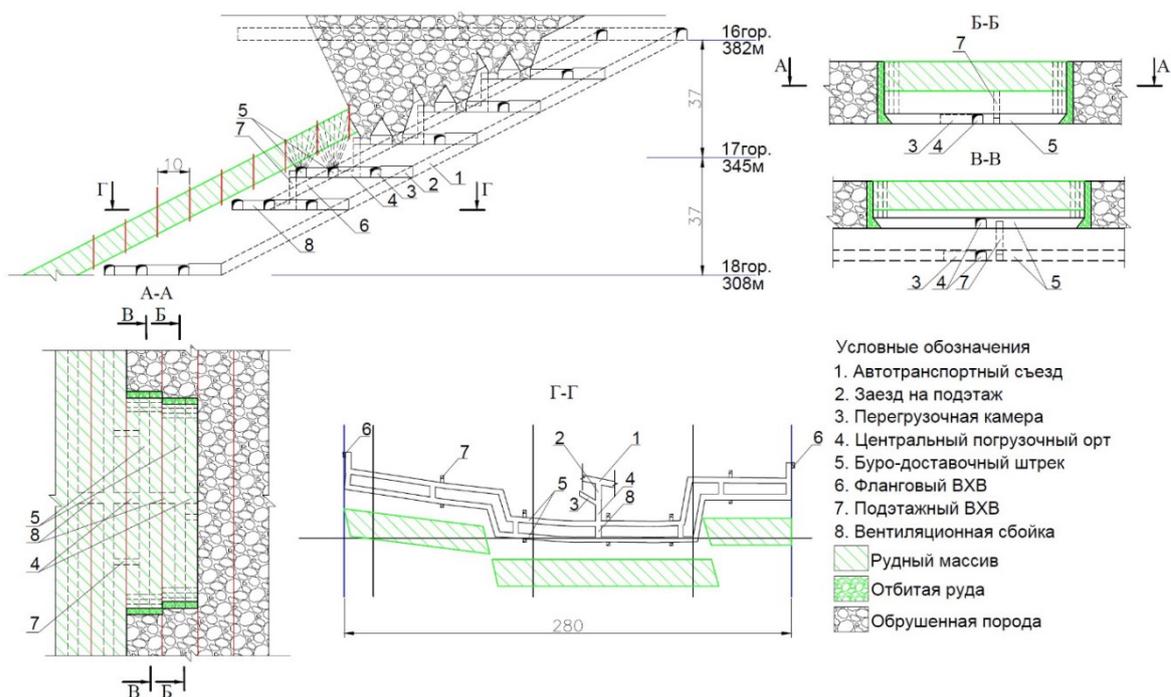


Рис. 3 – Система подэтажного обрушения сдвоенными панелями с торцовым выпуском руды

Подготовка ЦДУ включает проведение в лежачем боку заездов на подэтажи из автоуклона, подэтажных ортов, перегрузочных камер (ПК) на подэтажах, двух буро-доставочных штреков на каждом подэтаже, вентиляционных сбоек и ВХВ между подэтажами, фланговых вентиляционных сбоек, наклонных фланговых ВХВ, отрезных ортов и восстающих на флангах панелей.

Очистная выемка ведется путем послышной скважинной отбойки руды в зажиме и послышного торцового выпуска руды под обрушенными породами. В одном очистном забое производится выпуск и погрузка отбитой руды, в другом – бурение и взрывание скважин. Отбойка руды осуществляется вертикальными слоями восходящих вееров

скважин диаметром 65 мм, пробуренных из буро-доставочного штрека самоходным буровым станком. Отбитая руда из торца буро-доставочного штрека выпускается ПДМ, доставляется к ПК и грузится в автосамосвал. В отсутствие автосамосвала руда временно складывается в ПК. Автосамосвалом руда транспортируется на горизонт 16 к перегрузочному комплексу скипового подъема (ПКСП). Среднее расстояние доставки руды 100 м, транспортирования 350 м.

Вариант 3 устраняет недостатки варианта 1 и имеет следующие преимущества: высокую производительность труда на проходческих и очистных работах; позволяет отрабатывать рудное тело в сложных горно-геологических условиях; все выработки проходятся в породах лежачего бока, что повышает безопасность ведения работ; применение сдвоенных буро-доставочных штреков повышает безопасность работ, эффективность проветривания забоев, сокращает количество заездов на подэтажи и снижает разубоживание руды.

Вариант 4 разработан для отработки маломощных участков рудного тела с применением СО, его суть заключается в следующем (рис. 4). В этаже выделяется два фланговых добычных участка – западный и восточный, длиной по простиранию 500 м (западный) и 400 м (восточный), высотой 74 м и наклонной длиной 163 м.

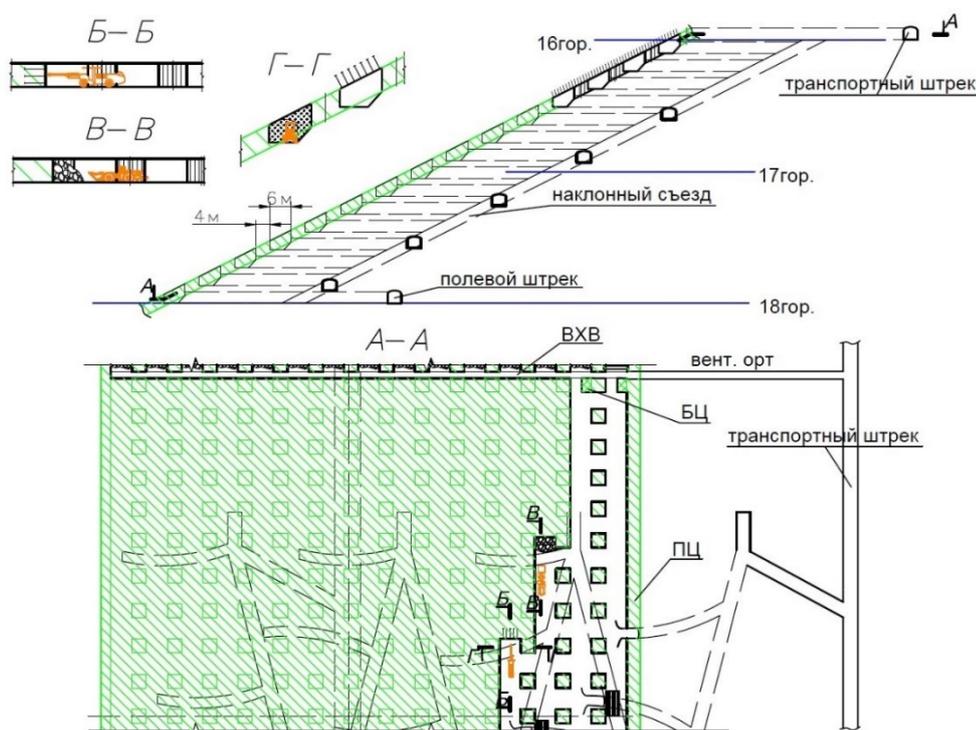


Рис. 4 – Камерно-столбовая система разработки с расположением наклонного съезда в породах лежачего бока

Добычные участки в этаже вскрываются автотранспортным уклоном, пройденным в породах лежачего бока, и отрабатываются одновременно. Каждый фланговый добычный участок по простиранию рудного тела делится на добычные панели, которые в этаже отрабатываются последовательно от центра к флангу месторождения. Запасы добычной панели вынимаются камерами сверху вниз с регулярным оставлением СЦ. Параметры конструктивных элементов системы разработки: длина добычной панели 200 м, высота 74 м; высота подэтажа 5 м; ширина очистного блока 10 м; длина очистной камеры по горизонтали 100 м (в среднем), ширина 6 м; размеры столбчатых целиков по горизонтали 4 × 4 м; ширина барьерных и панельных целиков 4 м.

Очистные работы начинаются в верхнем блоке, смежном с ПЦ, с разрушения камерных запасов из заезда и развиваются двумя забоями от центра к флангам панели.

Камера отрабатывается сплошным забоем, ее кровля закрепляется штанговой крепью. Отбойка камерных запасов производится шпурами, пробуренными с помощью самоходных буровых установок. По мере продвижения забоя проходятся просечки с вышележащей камерой, тем самым оформляется верхний ряд СЦ. Выпуск и доставку руды производят с помощью ПДМ. Руда доставляется до ПК и далее автосамосвалом транспортируется по автоуклону к ПКСП. В блоке одновременно отрабатываются два крыла: в одном производится бурение, во втором – уборка руды. Возможна параллельная отработка двух соседних камер (по падению) с опережением выемки верхней камеры на 10-12 м.

Вариант 4 по сравнению с вариантом 2 имеет следующие преимущества: позволяет перейти на вариант 3 системы разработки (ПО) без присутствия людей в выработанном пространстве; применение СО на проходческих, очистных и транспортных работах обеспечивает значительное повышение производительности труда и позволяет всю породу от проходки горных выработок и из прирезки лежащего бока, образующуюся при реализации варианта 3, складировать в выработанном пространстве отработанных камер не выдавая на поверхность.

Для выбора рациональной технологии отработки запасов нижних горизонтов Урупского подземного рудника выполнен расчет основных технико-экономических показателей (ТЭП) рассмотренных вариантов систем разработки. Расчет показателей производился на основе выбора технологического оборудования для производства подготовительно-нарезных и очистных работ. Результаты расчета основных технико-экономических показателей по вариантам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели отработки горизонтов 16 – 18

Показатель	Вариант систем разработки			
	с переносным оборудованием		с самоходным оборудованием	
	1	2	3	4
Система разработки	ПКО	КССР	ПО	КССР
Средняя мощность рудного тела, м	7,8	3,0	7,8	3,0
Балансовые запасы добычного участка, тыс. т	25,4	195,6	1391,9	398,4
Потери, %	35,6	24,65	15,0	23,4
Разубоживание, %	19,2	5,0	27,0	5,0
Эксплуатационные запасы, тыс. т	20,2	155,2	1620,2	321,4
Объем ПНР на 1000 т добытой руды, м ³	57,2	33,1	39,7	38,8
Производительность труда забойного рабочего на технологических процессах:				
проходка ПНВ, м ³ /чел-смена	0,8	1,0	4,6	7,0
отбойка, м ³ /чел-смена	34,8	10,2	79,0	81,7
выпуск и доставка, т/чел-смена	203,2	122,2	452	452
очистная выемка, м ³ /чел-смена	22,5	6,27	45,6	14,1
Производительность труда забойного рабочего по системе разработки, м ³ /чел-смена	4,1	3,3	19,8	10,8
Основное технологическое оборудование, применяемое на проходческих и очистных работах	Перфораторы: ПП-63В, ПТ-24, ПТ-36, ПТ-48. Скреперные лебедки: 17ЛС-2СМ, 30ЛС-2СМ, 55ЛС-2С. Буровой станок БСМ-1		Буровая установка Boomer T1D. Буровой станок Sandvik DL 310. ПДМ типа Atlas Copco ST 7. Автосамосвал Sandvik TH 320	

Сравнение разработанных вариантов систем разработки с СО (варианты 3 – 4) с вариантами с традиционным оборудованием (варианты 1 – 2) показывает:

1. При отработке рудного тела *средней мощности* (7, 8 м) вариант 3 с применением СО: снижает потери руды практически в 2 раза; уменьшает на 30 % удельный объем ПНВ на 1000 т добытой руды; увеличивает производительность труда забойного рабочего на проходке в 5 раз, на отбойке, выпуске – доставке, очистной выемке в 2 раза и по системе разработки в 4 раза; разубоживание руды повышается на 8 %.

2. При отработке *маломощных* рудных тел (3 м) вариант 4 с применением СО: снижает потери на 1,3 %; повышает удельный объем ПНВ на 17 %; увеличивает производительность труда забойного рабочего на проходке в 7 раз, на отбойке в 8 раз, на выпуске – доставке руды в 3,7 раза, на очистной выемке в 2,2 раза и по системе разработки в 3,3 раза; имеет одинаковое с традиционным вариантом разубоживание.

В результате установлено, что технология с применением СО по сравнению с традиционной имеет по всем ТЭП, кроме разубоживания, существенное преимущество.

Разработанные технологии подэтажного обрушения (70 %) и камерно-столбовой (30 %) выемки с учетом долевого их применения обеспечивают приемлемые средневзвешенные показатели извлечения руды по нижним горизонтам УПР (потери 17 – 18 %, разубоживание 22 – 23 %), что существенно лучше, чем при традиционной подэтажно-камерной системе разработки (вариант 1).

Таким образом, разработанные технологии с применением СО позволяют значительно повысить эффективность отработки нижних горизонтов Урупского подземного рудника, в том числе за счет использования закладки отработанных камер породой от проходки выработок и прирезки лежачего бока, при этом утилизируя в шахте почти весь объем отбиваемой породы, а также обеспечить равномерное освоение запасов без выбывания производственной мощности в переходный период.

Литература

1. Лузин П.Н. Отработка наклонной магнетитовой залежи камерно-столбовой системой с сухой закладкой / П.Н. Лузин, А.А. Смирнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2001. – № 1. – С. 224 – 225.

2. Соколов И.В. Изыскание подземной геотехнологии для отработки рудного тела средней мощности и наклонного падения Кыштымского месторождения гранулированного кварца / И.В. Соколов, Ю.Г. Антипин, К.В. Барановский // Изв. вузов. Горный журнал. – 2013. – № 2. – С. 17 – 22.

3. Определение безопасных размеров рудных целиков при выемке наклонных залежей камерно-столбовыми системами разработки / С.О. Версилов и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 4 ОВ. – С. 215 – 220.